

Le SPC un outil au service de la Qualité

Capabilités

-

Cartes de contrôle

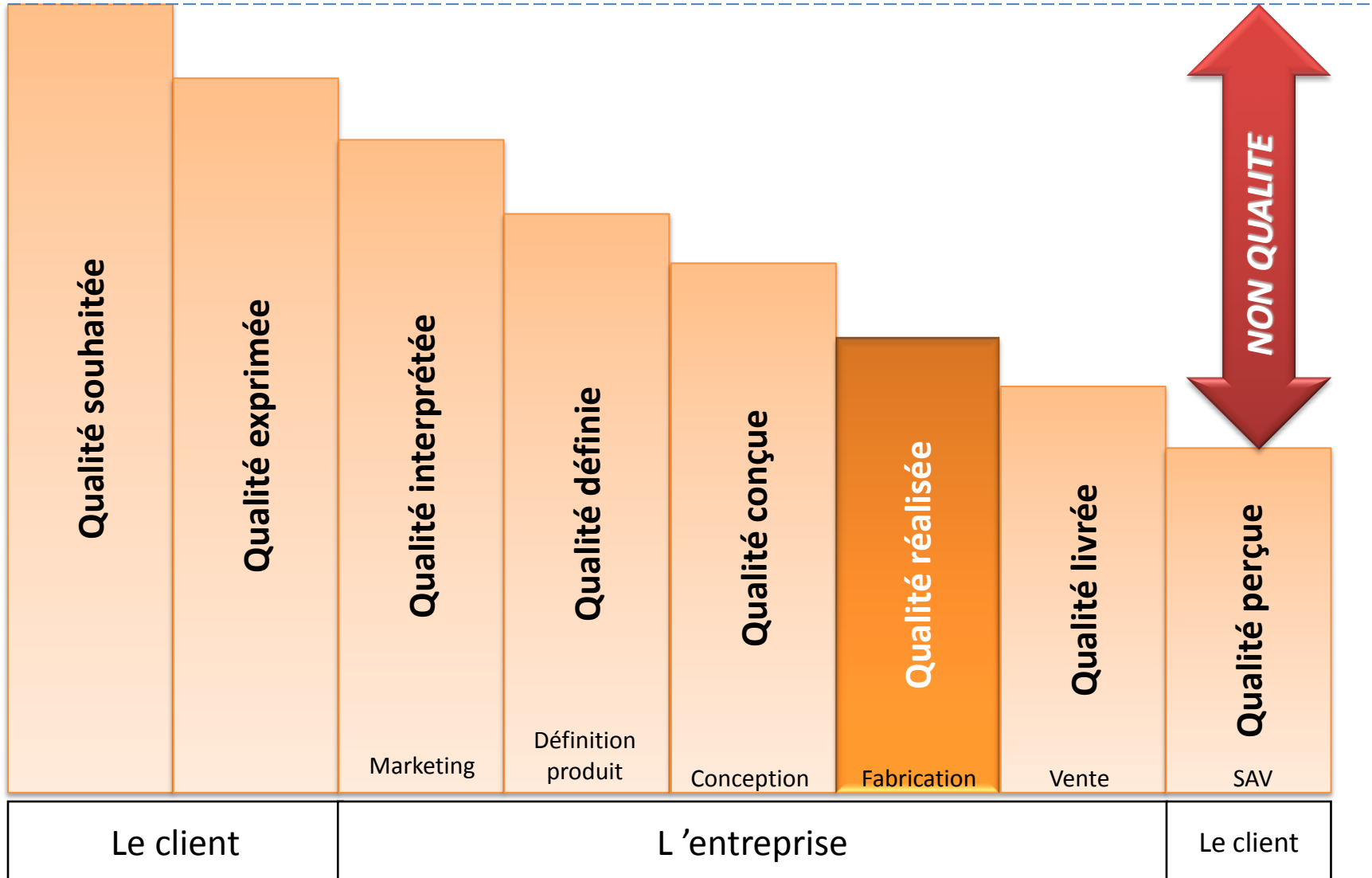
Qu'est ce que le SPC ?

Statistical Process Control

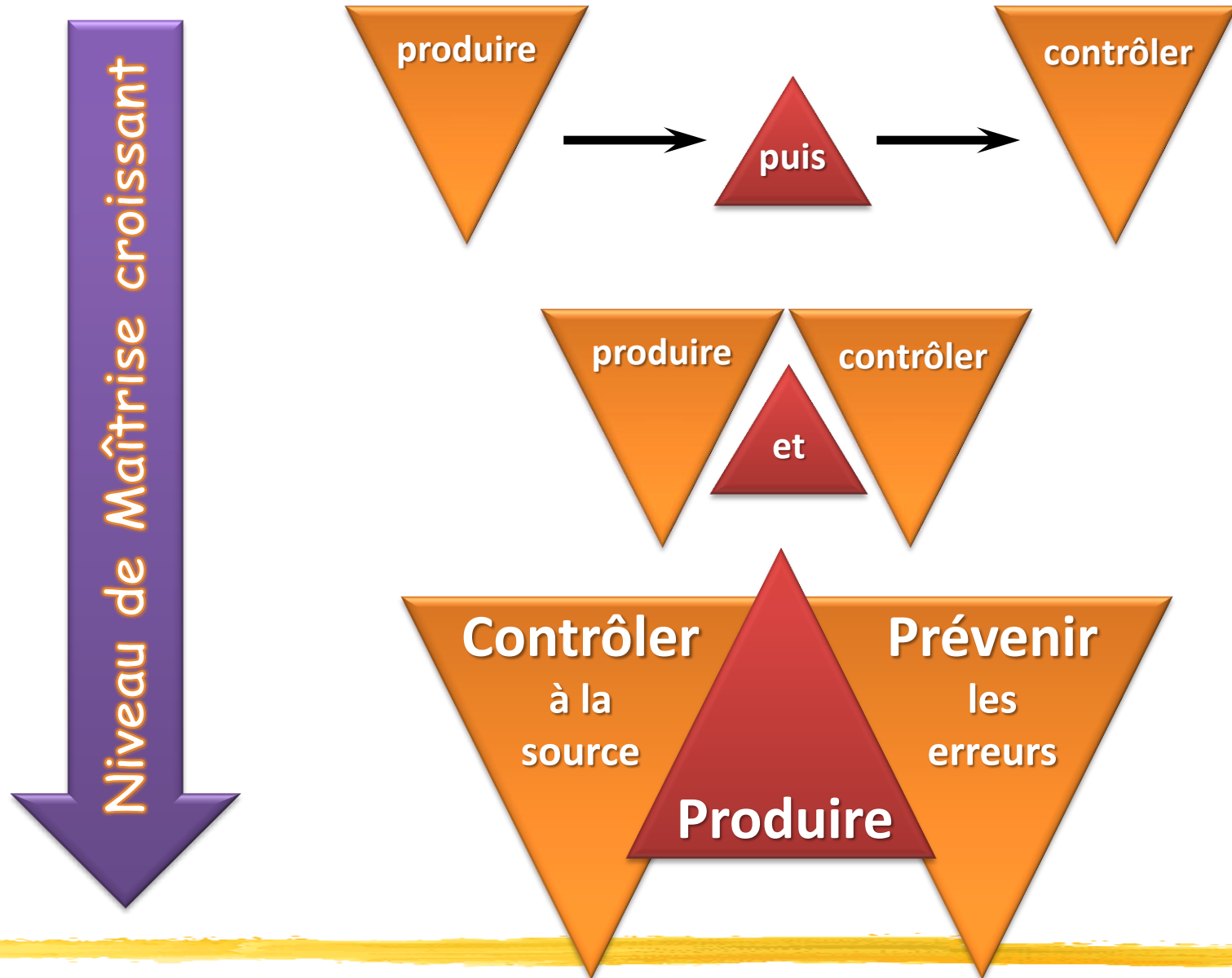
se traduit en français par :

des

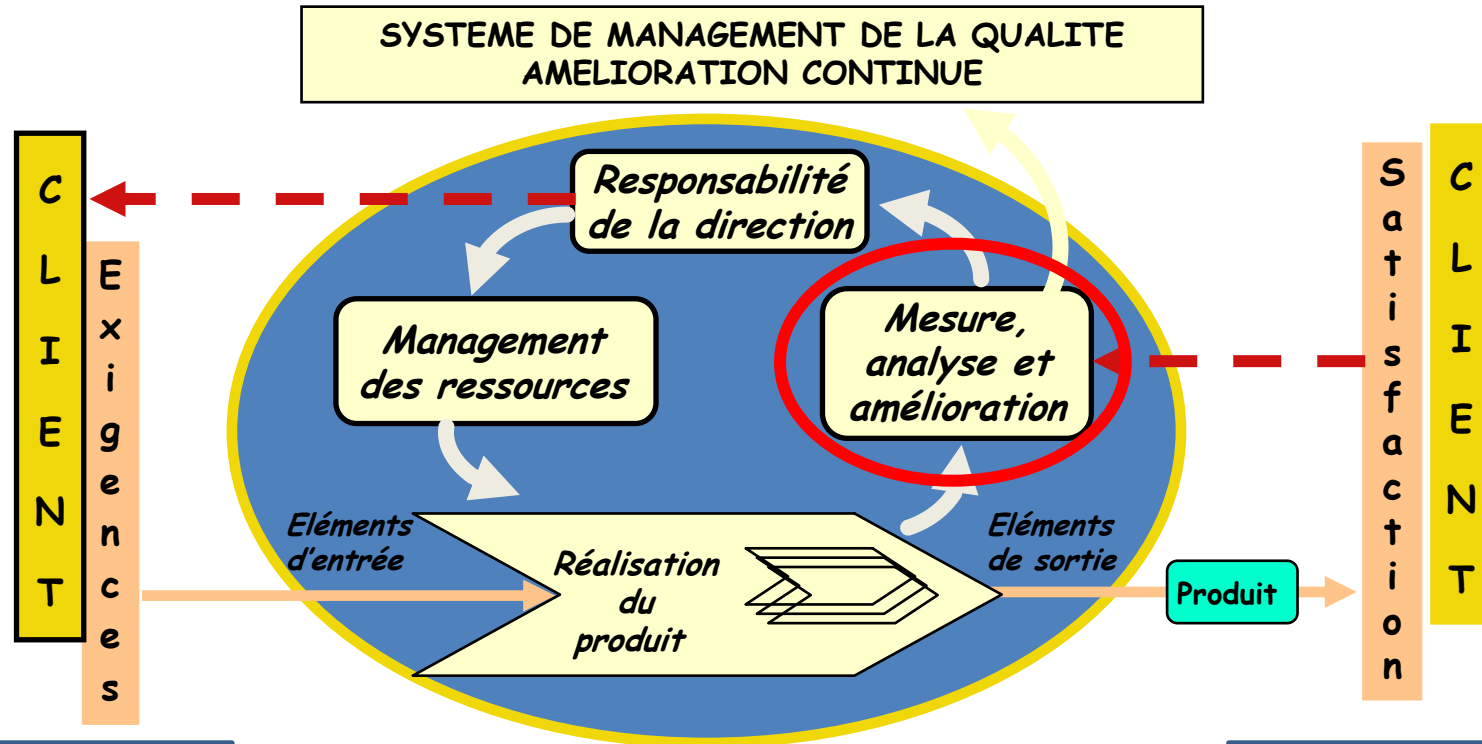
Maîtriser la Qualité réalisée



Du contrôle vers la maîtrise



SPC et ISO 9000

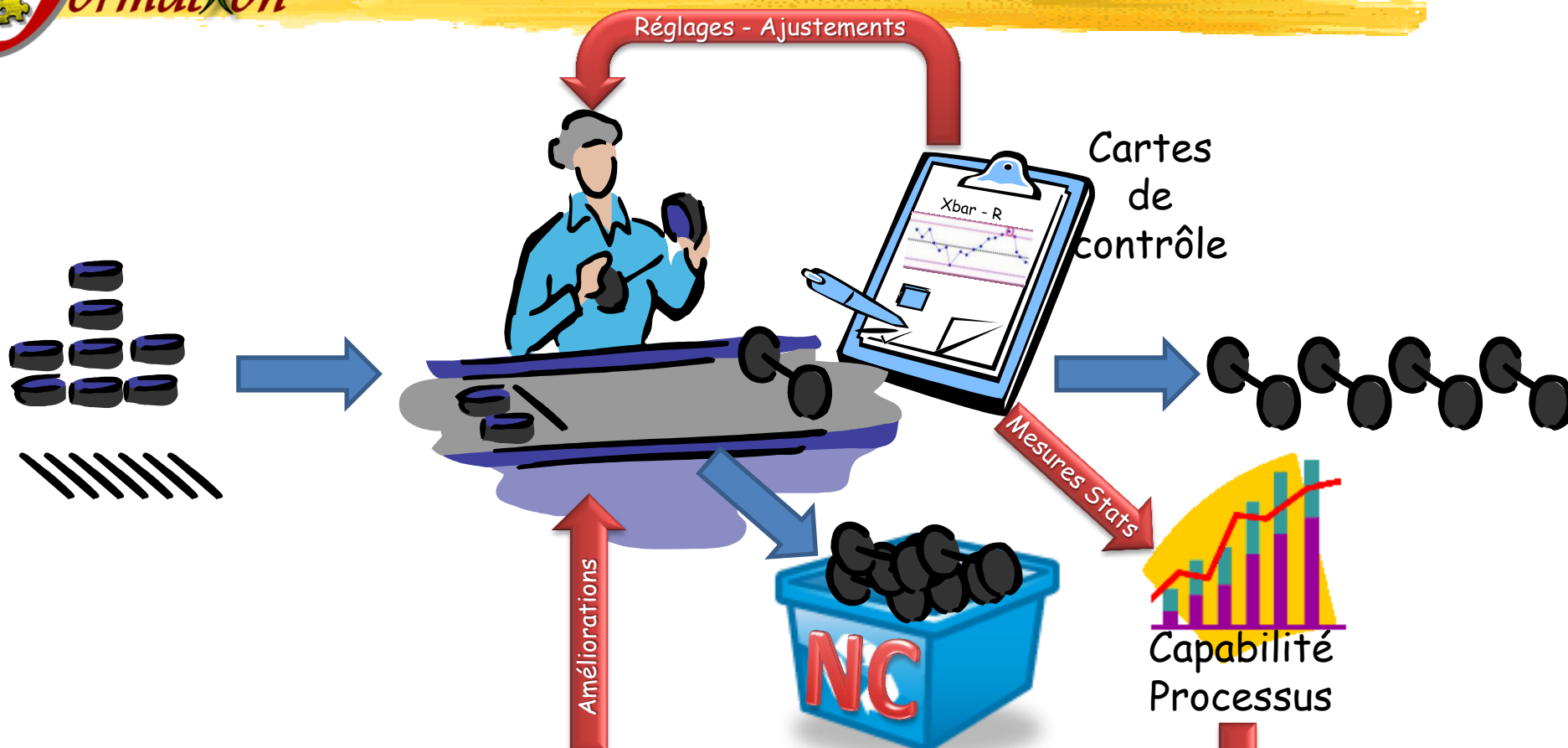


Quelles sont les
exigences de la norme
pour le SPC ?

ISO
9000
Généralités
Vocabulaire

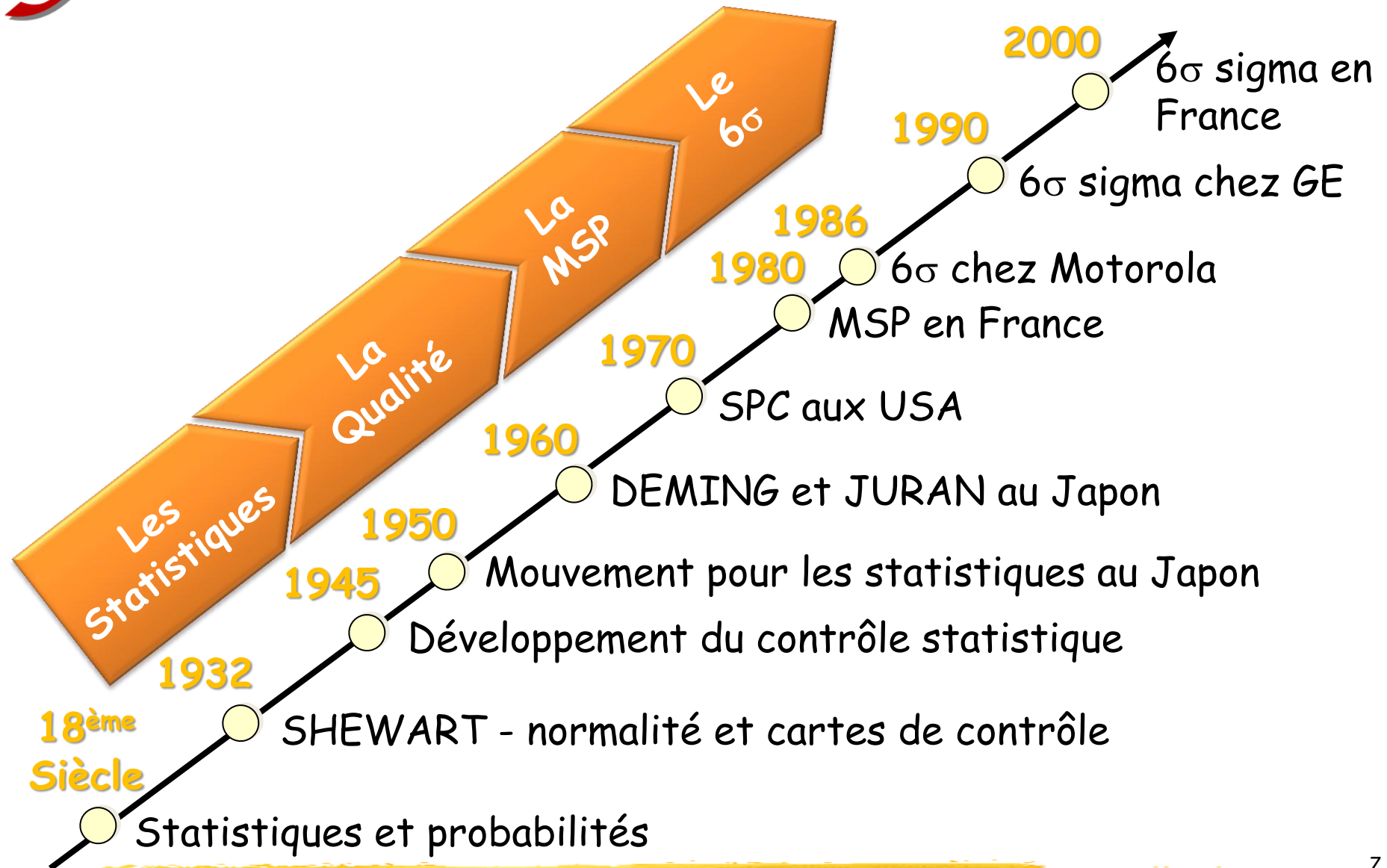
ISO
9001
Exigences

La MAÎTRISE des Processus



PLAN D'ACTIONS		KIT CHARIOTS INCOMPLETS		Emetteur : Cédric Raffi		Date : 10/07/07			
Causes	Actions	Responsable	Délai	Avancement %					Observations / Conclusions
				20	40	60	80	100	
Ecart entre SAP et le Réel	Faire un inventaire complet du magasin pour corriger les quantités et les adressages	E. Massé	24.06.06						Nouvel inventaire à faire dans 2 mois
Mauvais ou manque d'adressage									
Prélèvement sauvage d'autres services	Seuls les personnes de la préparation kit sont habilitées à prélever ou mettre des pièces dans le magasin	M. de Lorenzi + E. Massé	Immédiat						
Synchronisation de la production de certains ensembles	Seul la préparation kit est désormais habilitée à définir la séquence de production	liôts soudure	à partir du 17/07/2006						
	Vérifier la présence des pièces à l'avance pour s'assurer de leur production en temps voulu	Préparation Kit	à partir du 17.07.06						

Un peu d'Histoire...

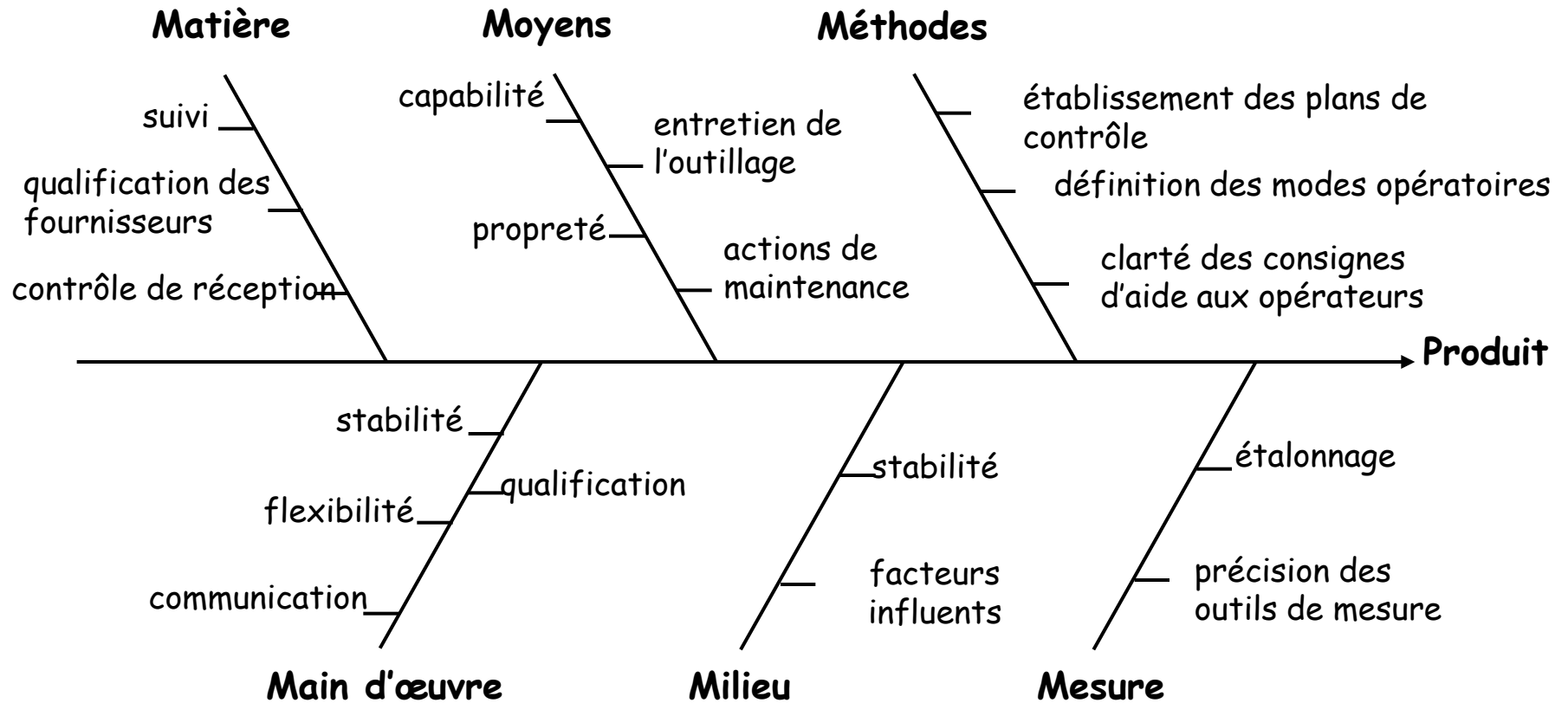


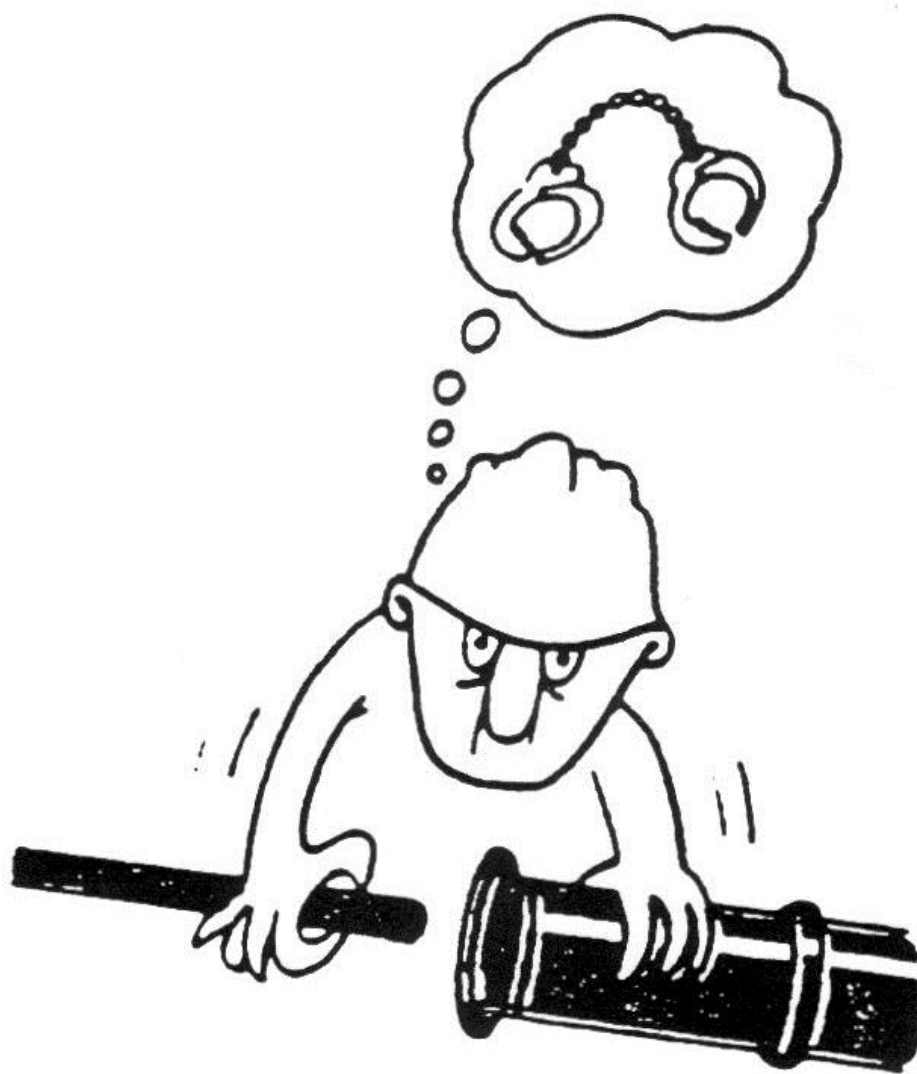


*Trouver la cause avant
la solution.*

Les causes de Non-Qualité

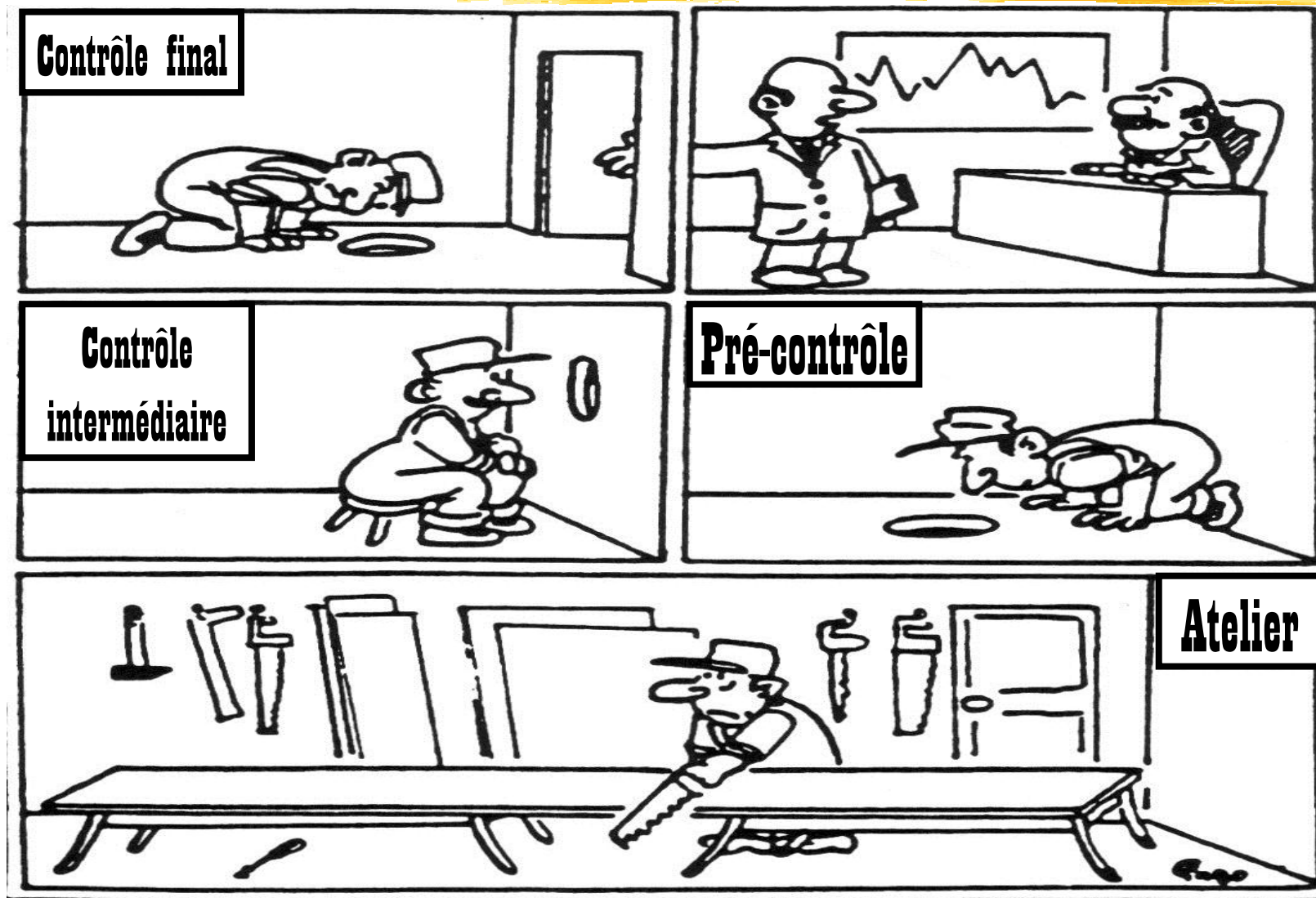
Le diagramme de Ishikawa et la méthode des « 5 M »





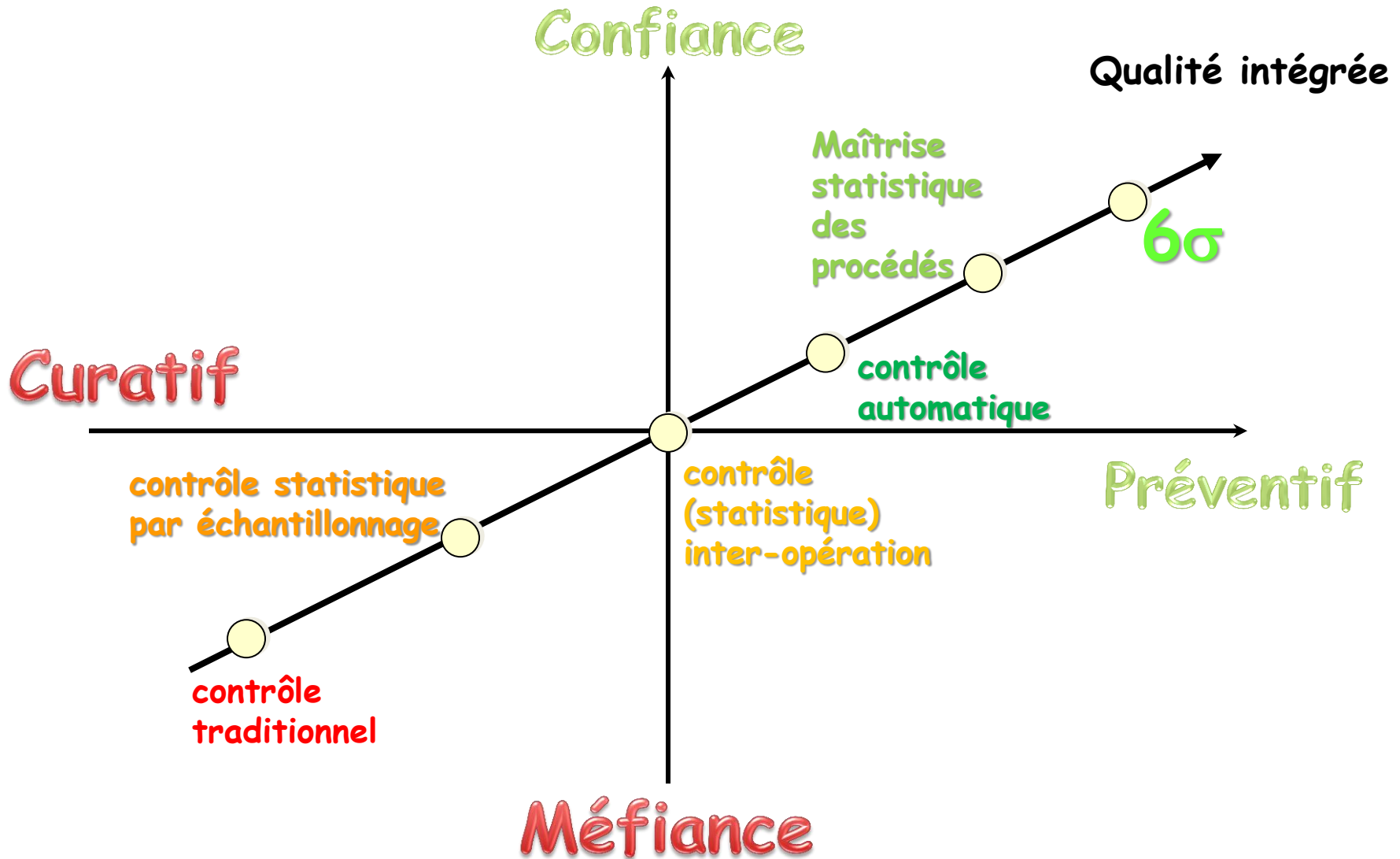
la chasse au défaut n'est
pas la chasse au coupable.

Le CONTRÔLE traditionnel



Chef, tous les contrôleurs sont à leur poste !

Instaurer un climat de CONFIANCE



Statistical Process Control ou Maîtrise Statistique des procédés

Pourquoi une approche statistique pour maîtriser la production ?

- Expérimentation de DEMING sur le lanceur.

	Moyenne	Ecart Type	Remarques
<u>Règle 1 :</u> Pas d'action sur les réglages du processus			
<u>Règle 2 :</u> Régler : compenser par rapport à la dernière position			
<u>Règle 3 :</u> Régler : compenser par rapport à la position cible			
<u>Règle 4 :</u> Régler : à la valeur de la dernière position			

CONCLUSIONS :

Régler une machine à partir d'une mesure

☞ *Raisonnement « irréaliste »*

Il existe toujours des variations que l'on ne peut pas maîtriser

Régler une machine à partir d'une
moyenne et d'une dispersion

☞ *Raisonnement « statistique »*

**Tenir compte de la
variabilité naturelle du système**

Définitions et rappels Statistiques

- Population / Variable / Individu / Echantillon
- Moyenne / Mode / Médiane / Etendue
- Histogramme et distribution
- Loi Normale
- Test de normalité (droite de Henry, test du χ^2 , ...)
- Théorie de l'échantillonnage
- ...
- Savoir faire un histogramme

Le théorème central limite

Tout système, soumis à de nombreux facteurs, indépendants les uns des autres, et d'un ordre de grandeur de l'effet équivalent, génère une répartition qui suit une loi de Laplace-Gauss (ou loi Normale).

La loi de Laplace-Gauss (ou loi Normale) se traduit par une distribution en forme de cloche qui se caractérise par sa moyenne et son écart-type.

Calcul de la moyenne d'un échantillon

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

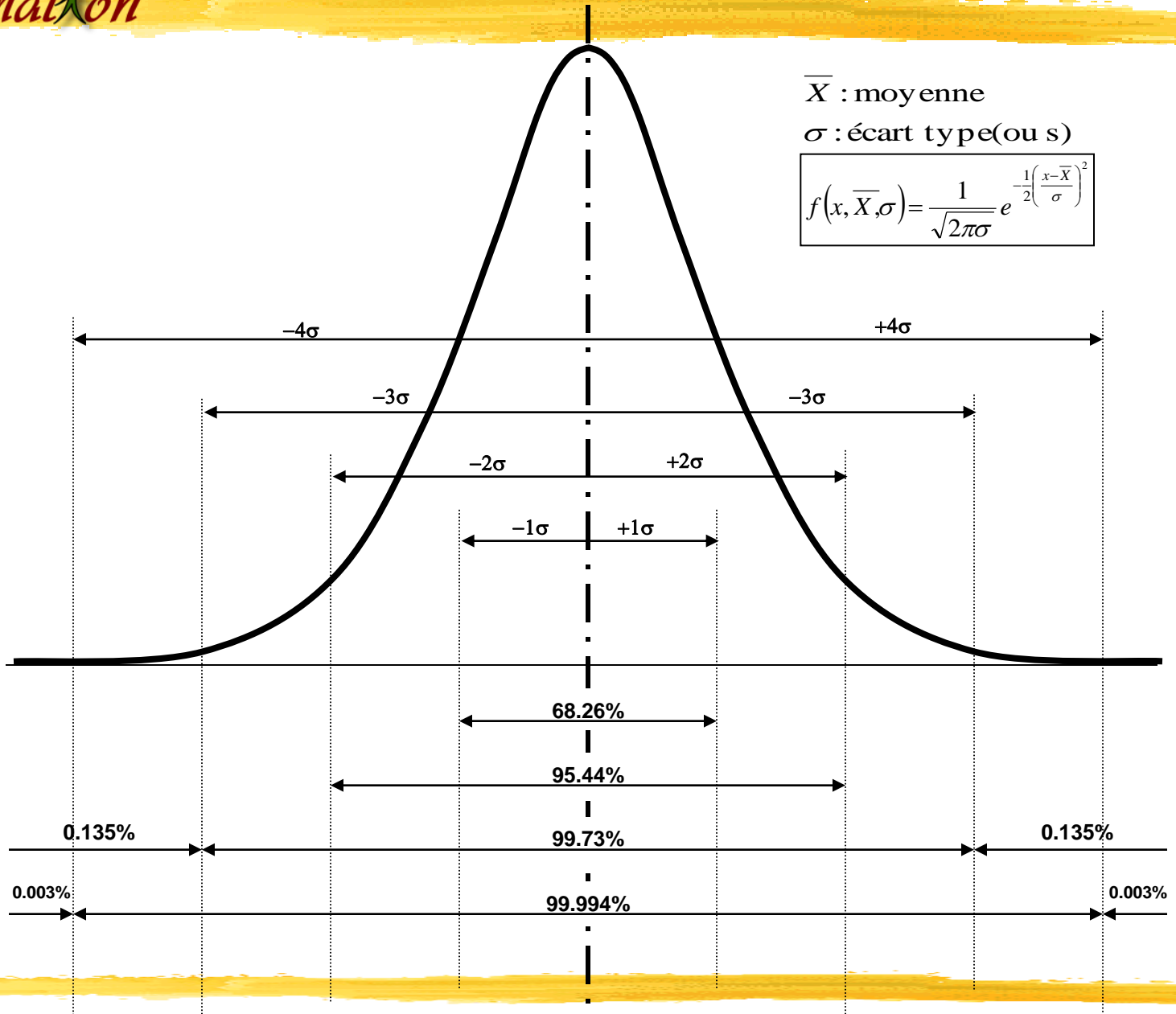
x_i : ième valeur
 n : nombre de valeurs

Estimation de l'écart type d'une population à partir d'un échantillon

$$\sigma_{n-1} = s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Exemple du trajet domicile / lieu de travail

La distribution « Normale »



Tester la normalité d'une population

- Droite de Henry
- Test du χ^2
- ...

Perte au sens TAGUCHI

On souhaite fabriquer des pièces (axes de boîtes de vitesse par exemple).
Le BE a fixé un intervalle de tolérance sur le diamètre des pièces.

On souhaite fabriquer entre :

TI (Tolérance Inférieure) et TS (Tolérance Supérieure)

Deux machines peuvent être utilisées. Des tests ont été fait sur un échantillon de 1000 pièces.

Machine N°1

40 pièces

Hors tolérance

Machine N°2

0 pièces

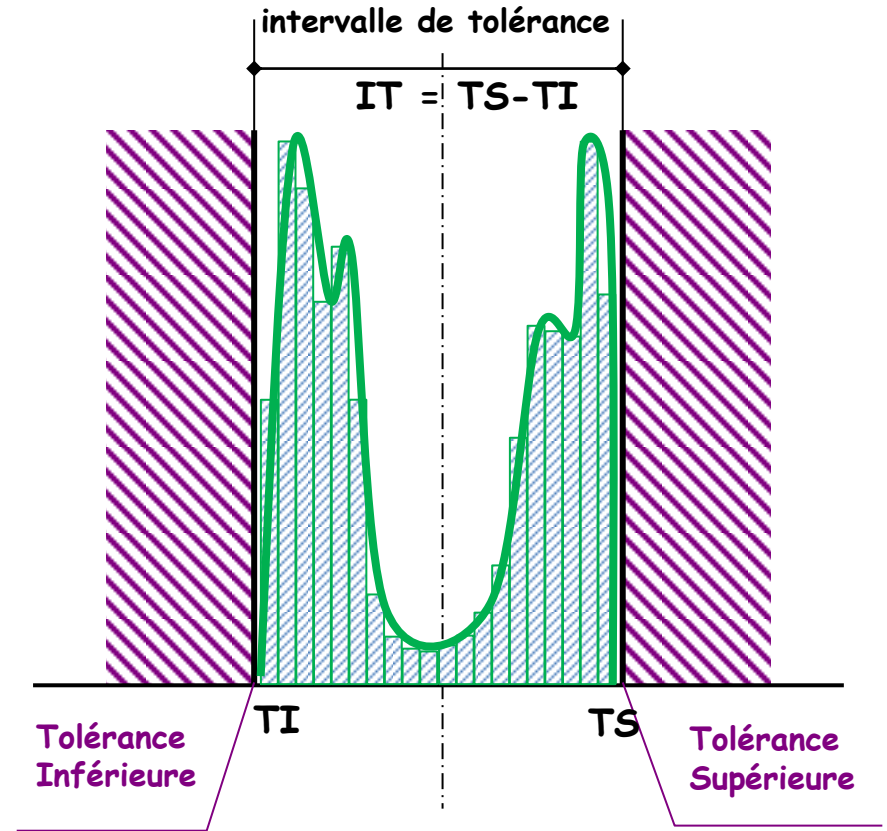
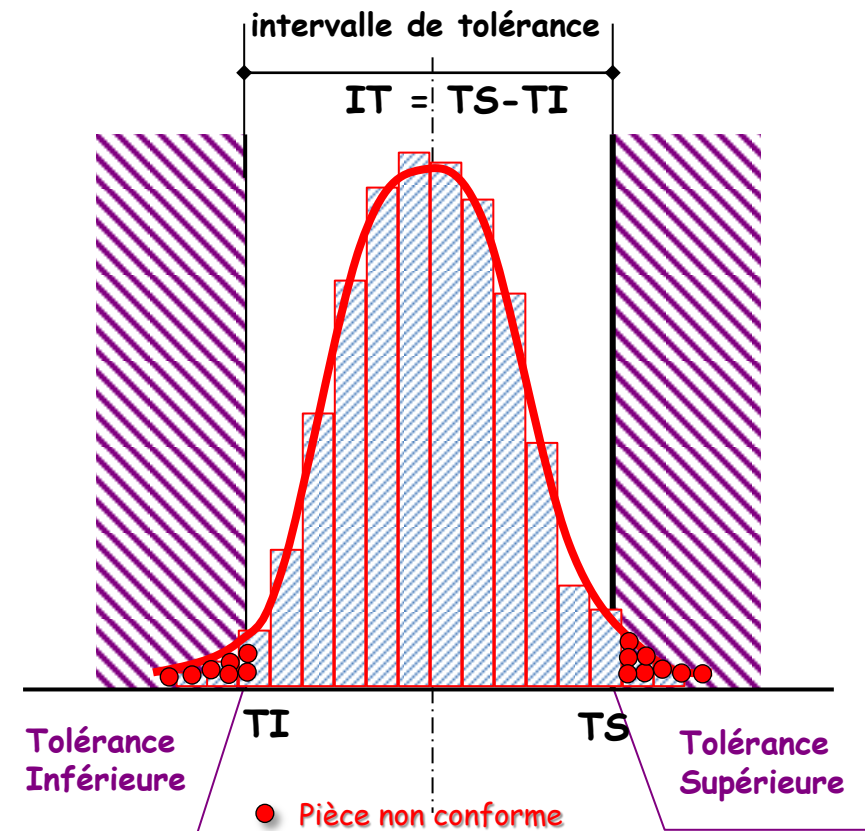
Hors tolérance

Quelle machine choisissez-vous ?

Perte au sens TAGUCHI

Machine N°1

Machine N°2

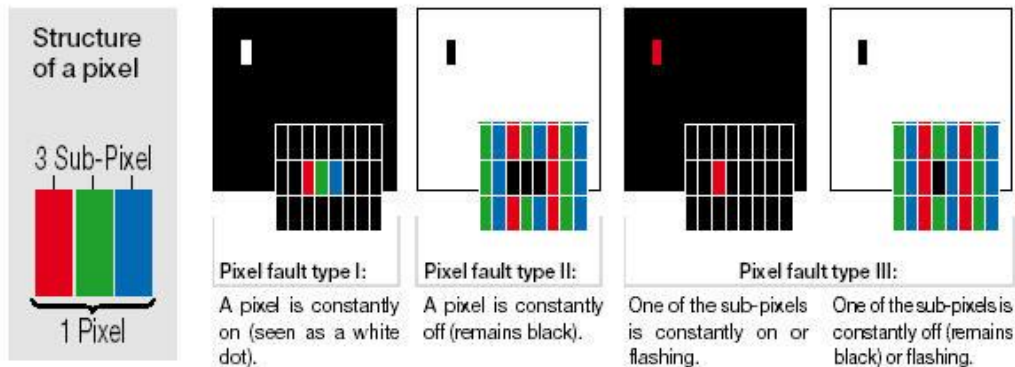


Quelle machine choisissez-vous ?

Les PERTES vues par TAGUCHI

- Le problème de la boîte de cassoulet
- Quel est l'intérêt d'un intervalle de tolérance ?
- Quelle différence de Qualité entre $TS-\varepsilon$ et $TS+\varepsilon$?
- Autres exemples...

Perte au sens TAGUCHI



Source : Site internet de TOSHIBA

Types de défaut de pixel

En tant que fabricant d'écrans LCD haut qualité, nous nous engageons à vous offrir la meilleure qualité possible, sans excuse. Par conséquent, nous avons spécifié de façon claire le type et le nombre de défauts de pixels qui nécessitent une réparation ou un remplacement de votre écran. L'illustration donne des exemples des différents types de défauts de pixels qui peuvent se produire.

Réclamation dans le cadre de la garantie

La table de droite indique le nombre maximum admissible de défauts de pixels et le type de défaut que votre écran LCD Toshiba risque de présenter. Si vous découvrez d'autres défauts de pixels, qu'ils soient de type I, II ou III, vous êtes autorisé à déposer une réclamation. Dans ce cas, veuillez contacter le Toshiba Support Centre ou votre fournisseur de service agréé par Toshiba pour déposer une réclamation dans le cadre de votre garantie.

Maximum acceptable number of faults:

Screen models*		Pixel fault Type I	Pixel fault Type II	Pixel fault Type III
XGA	(1024 x 768)	2	2	4
WXGA	(1280 x 800)	3	3	6
SXGA	(1280 x 1024)	3	3	7
SXGA+	(1400 x 1050)	3	3	8
WXGA	(1280 x 768)	2	2	5
WXGA	(1440 x 900)	3	3	7
UXGA	(1600 x 1200)	4	4	10
WSXGA	(1680 x 1050)	4	4	9
WUXGA	(1920 x 1200)	5	5	12

Sur les 2 304 000 pixels de votre écran vous ne verrez pas les 11 premiers pixels défectueux !

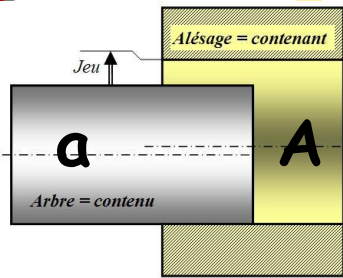
Et le 13^{ème} défectueux vous empêchera de voir votre émission préférée ?

* To find out what type of screen model you have (e.g. XGA 1024x768) view the technical information of your notebook.

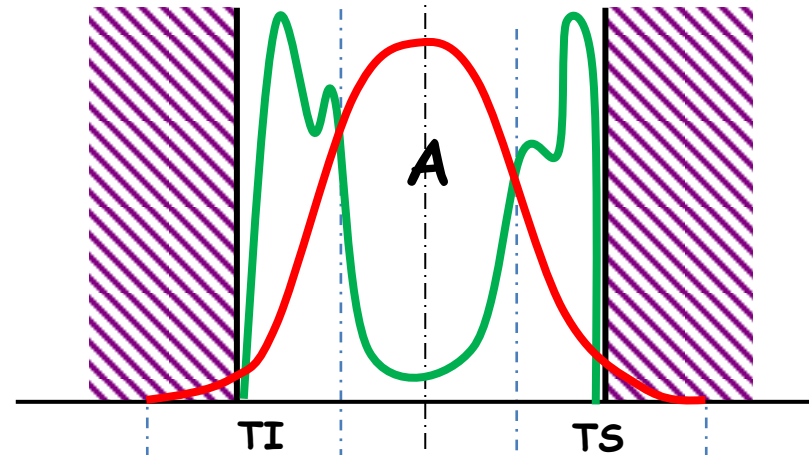
= 5,2ppm

Une autre façon de voir l'intervalle de tolérance

(d'après M. Pillet, Appliquer la MSP)



Machines rouges
ou
machines vertes ?

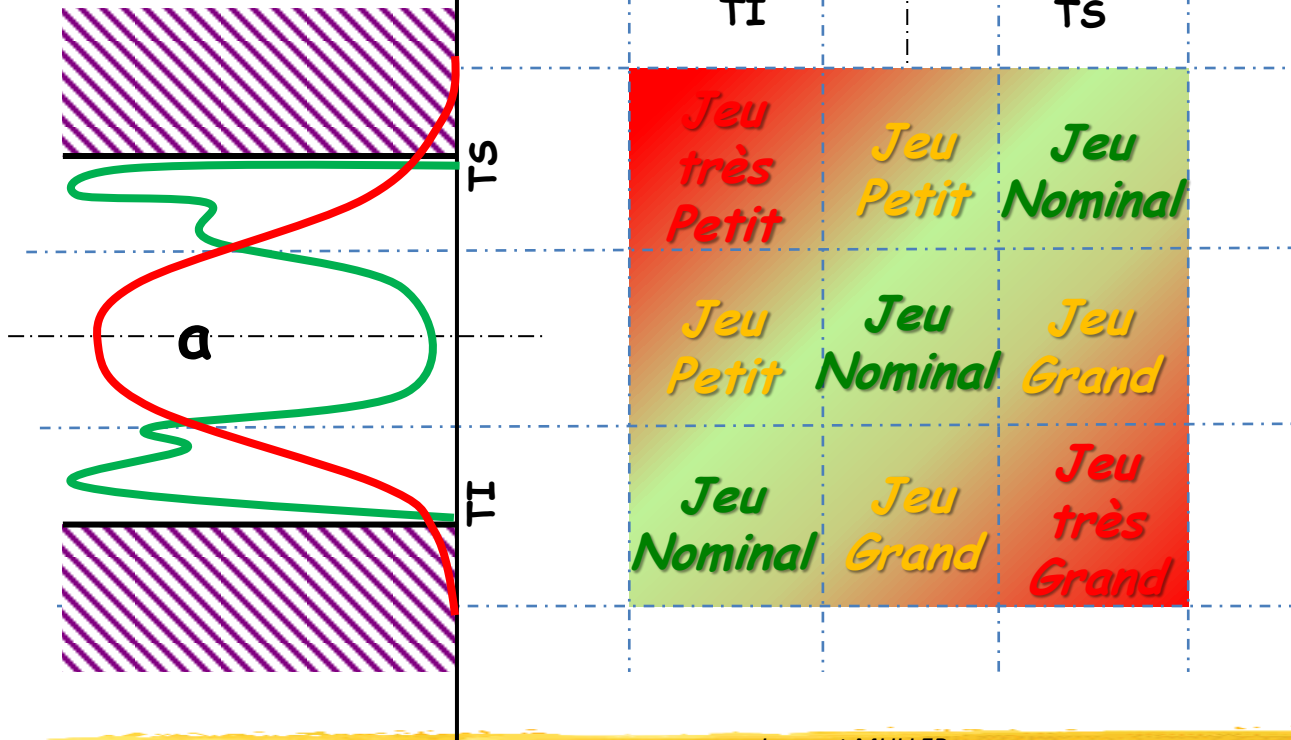


Le jeu entre l'arbre et l'alésage est CTQ : critique pour le client

- Il vaut mieux fabriquer beaucoup de pièces au nominal et peu de pièces proches des tolérances

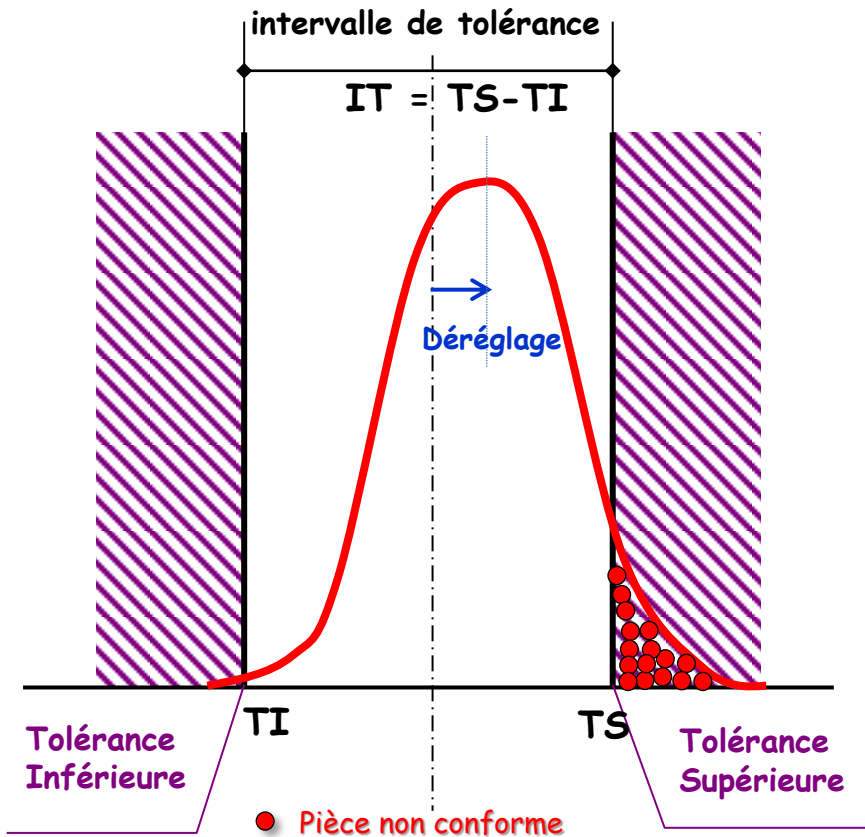
- Taguchi dirait :

plus on s'éloigne
du nominal
plus les pertes
sont importantes

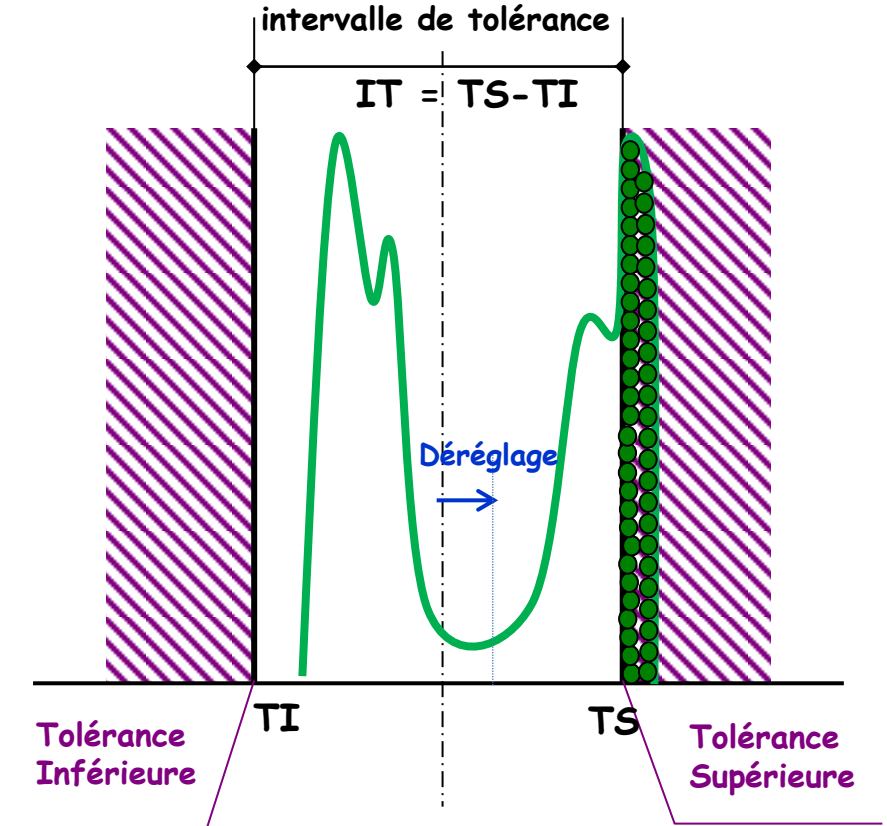


Sensibilité aux dérèglages

Machine N°1



Machine N°2

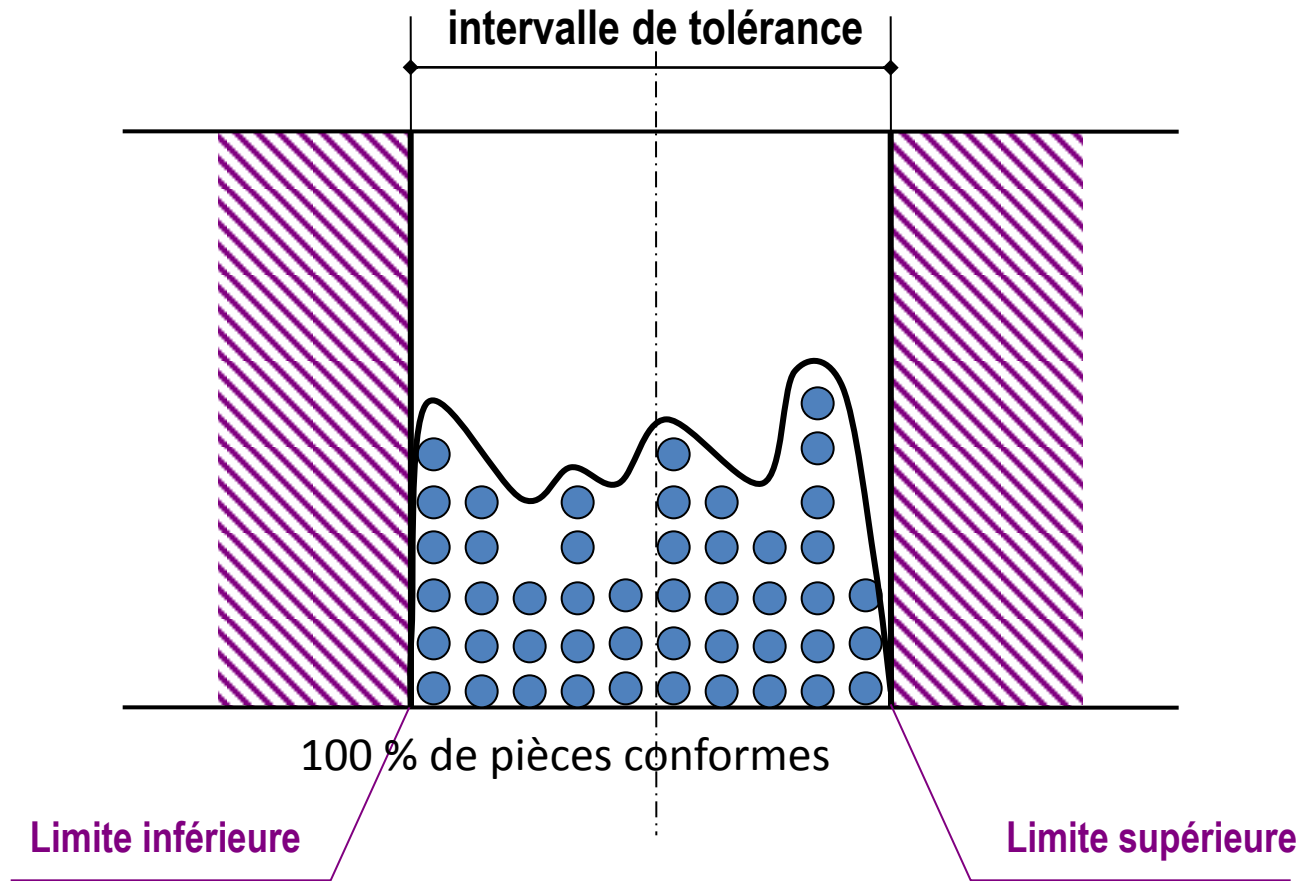


De l'intervalle de tolérance à la fonction « perte » de Taguchi

Pour tendre vers l'excellence il faut aller au-delà de la prise en compte de l'intervalle de tolérance. Il faut :

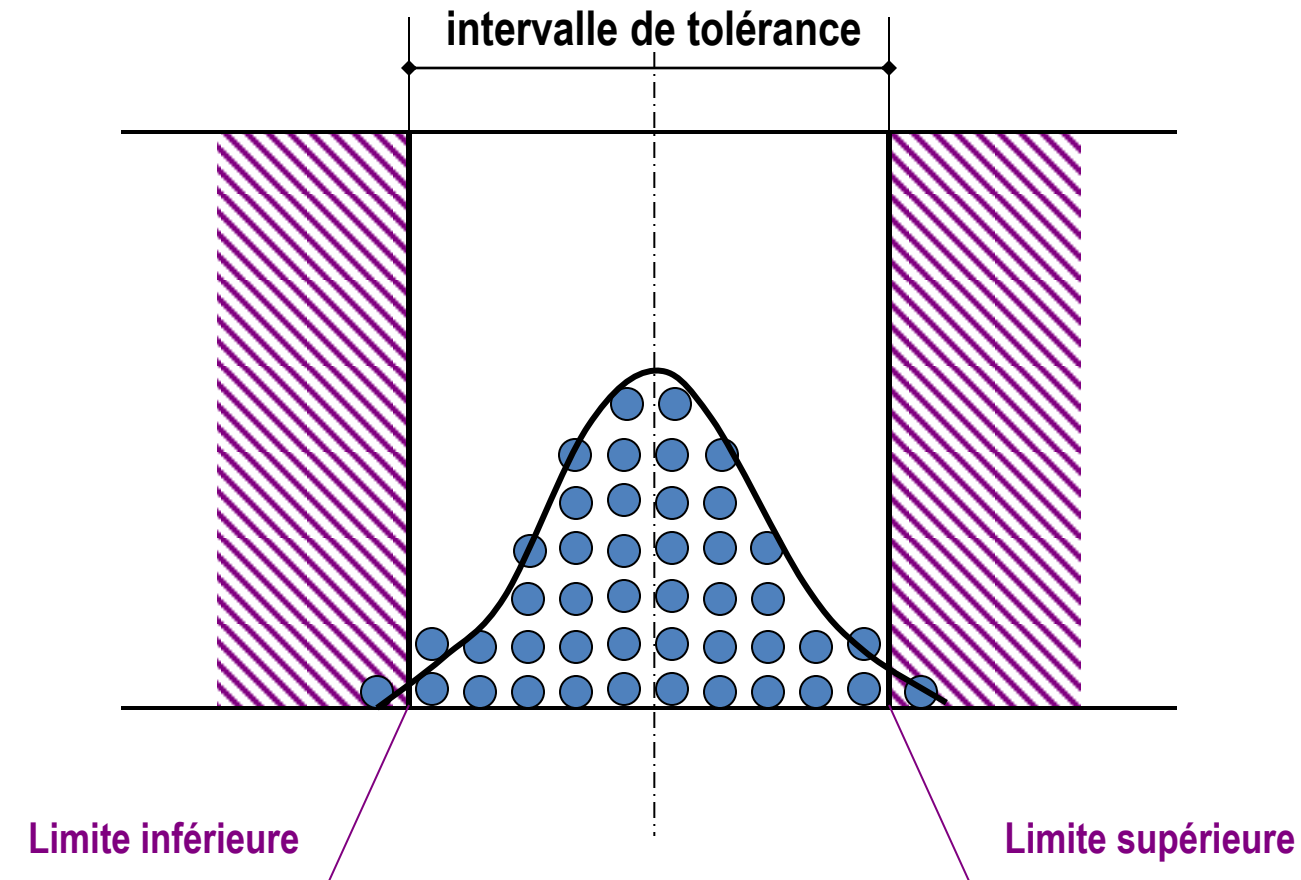
1. Viser la cible
2. Réduire au maximum la dispersion du processus

Ne pas se limiter à l'IT

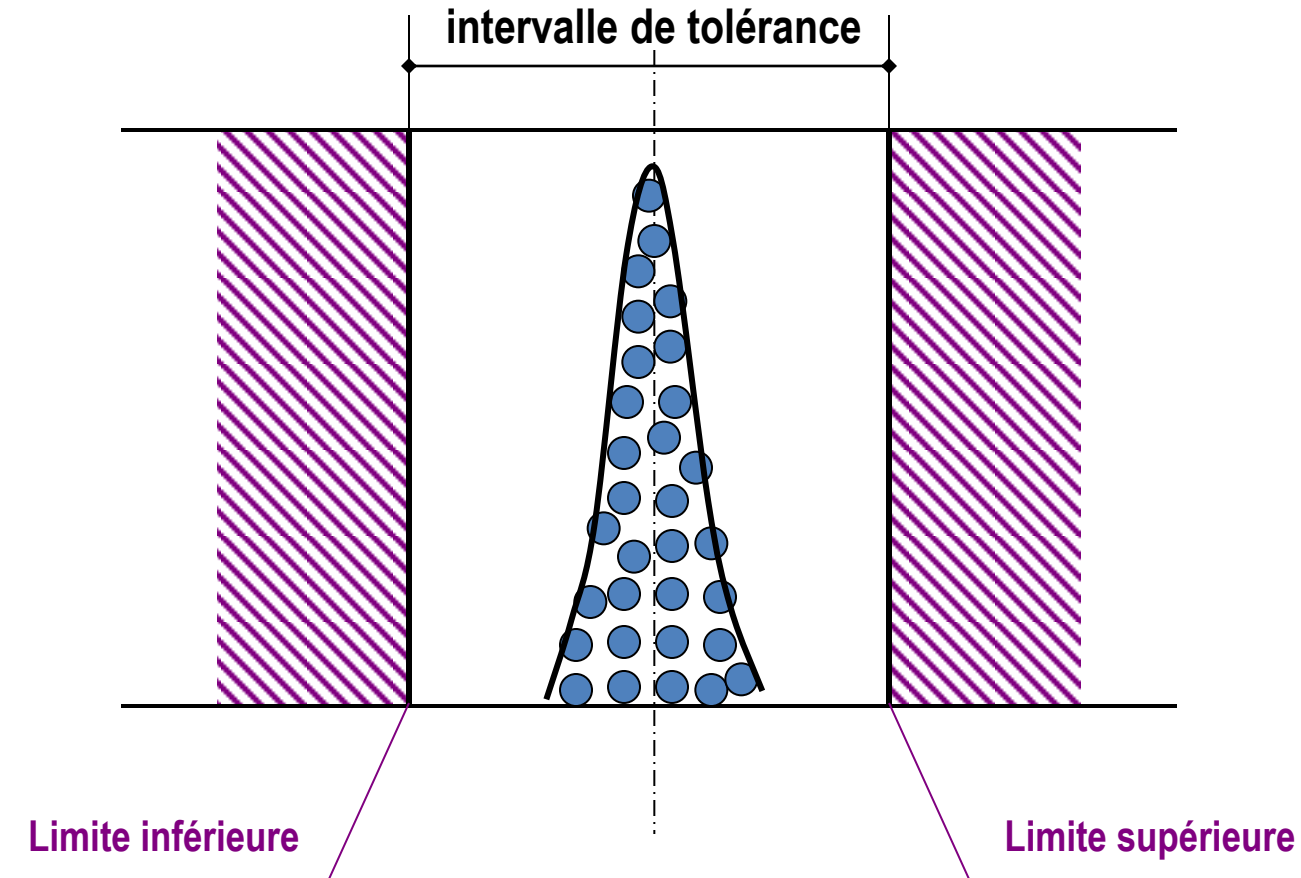


Insuffisant

Un principe incontournable : viser la cible



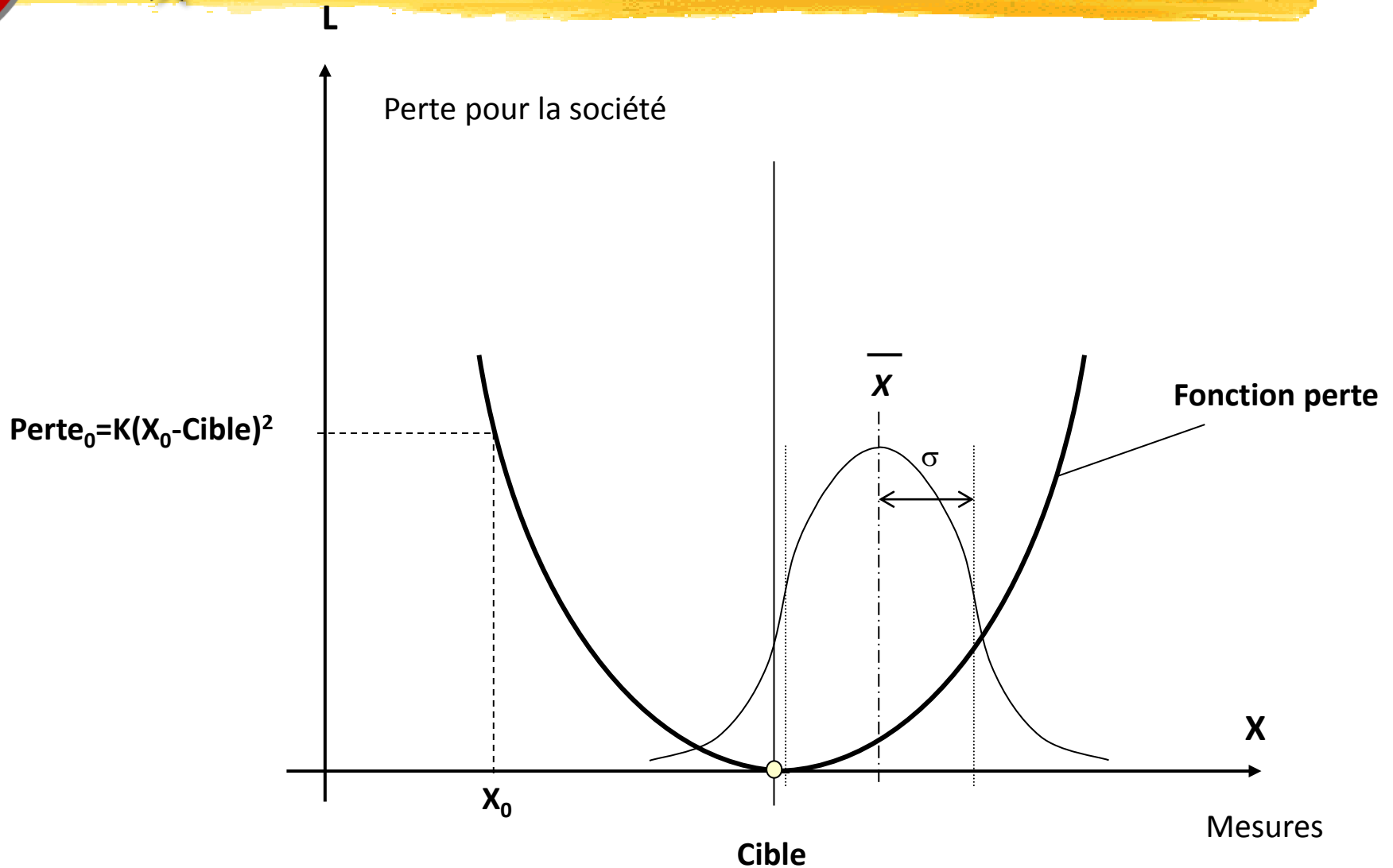
Un objectif: réduire la dispersion au-delà de l'IT



Pourquoi la dispersion est-elle indésirable ? :

- Sur un produit
- Sur un processus (simulation ARENA)

La fonction « PERTE » de TAGUCHI



Objectif de la MSP

Assurer une production avec des caractéristiques ayant une répartition aussi centrée que possible sur la « cible ». Il s'agit de proposer un outil statistique :

- **Applicable par des opérateurs** (autocontrôle)
- Permettant de **quantifier la capabilité** d'un processus
- Permettant de **piloter un processus** (distinguer les situations « normales » de celles qui nécessitent des actions sur le processus (réglages ou actions correctives)).

Distinguer les causes aléatoires des causes assignables

Causes aléatoires ou communes

- Grand nombre de petites sources
- Relativement stables
- Préviation possible
- Permanence, à moins d'intervention

⇒ **VIVRE AVEC**

Causes assignables ou spéciales

- Petit nombre de sources importantes
- Souvent irrégulières
- Difficiles à prévoir
- Réapparitions possibles sauf si prévention

⇒ **ACTIONS CORRECTIVES
ou PREVENTIVES**

- Les indicateurs de capabilité des processus

La capabilité est la mesure établissant le rapport entre la performance réelle d'une machine (ou d'un processus) et la performance demandée.

- Les cartes de contrôle

C'est un relevé statistique d'une variable permettant le pilotage de la machine (ou du processus).

Les Indicateurs de Capabilité

Capabilité : exemple 1

- Des pièces sont usinées à l'aide d'un tour à commande numérique. La caractéristique mesurée est le diamètre et après prélèvement d'un échantillon nous avons pu déterminer qu'elle suit une loi normale de moyenne 100 mm et d'écart type estimé de 3 mm.
- L'intervalle de tolérance établi par le client (il s'agit de sous-traitance) est de 101 ± 3 mm et la production totale est de 1000 pièces.

**Le tour à commande numérique est il capable
de réaliser les pièces demandées ?**

Capabilité : exemple 2

- On décide de faire les pièces précédentes sur une autre machine qui suit quant à elle une loi normale de moyenne 104 mm et d'écart type estimé de 0,5 mm.
- L'intervalle de tolérance du client reste le même : 101 ± 3 mm

Le nouveau tour à commande numérique est-il capable de réaliser les pièces demandées ?

Capabilité d'un processus

$$\text{Capabilité} = \frac{\text{Performance demandée}}{\text{Variabilité naturelle du procédé}}$$

La capabilité est la mesure établissant le rapport entre la performance réelle d'une machine (ou d'un processus) et la performance demandée.

Capabilité machine : C_m , C_{mk}

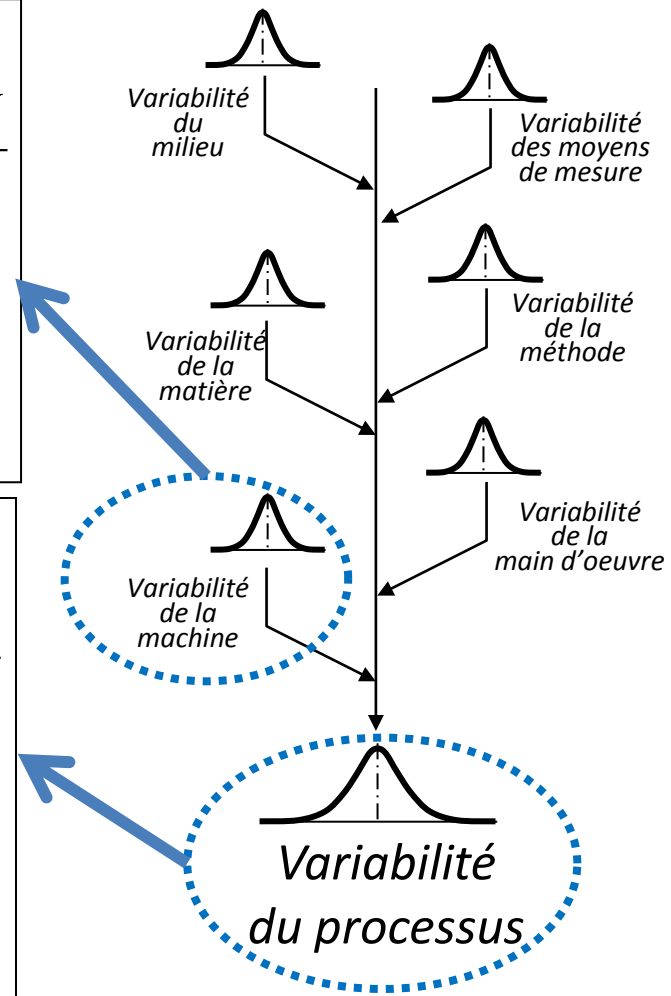
$$C_m = \frac{IT}{\text{Dispersion}_{\text{instantané}}} = \frac{TS - TI}{6\sigma_i}$$

$$C_{mk} = \frac{\text{Min}\{(TS - \bar{X}); (\bar{X} - TI)\}}{3\sigma_i}$$

Capabilité procédé : P_p , P_{pk}

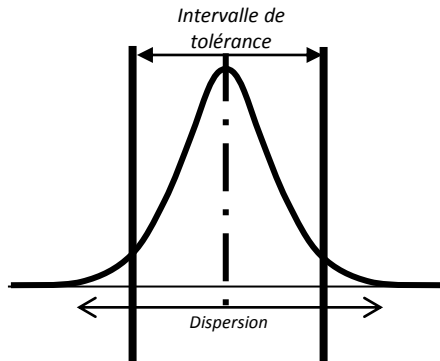
$$P_p = \frac{IT}{\text{Dispersion}_{\text{Globale}}} = \frac{TS - TI}{6\sigma_G}$$

$$P_{pk} = \frac{\text{Min}\{(TS - \bar{X}); (\bar{X} - TI)\}}{3\sigma_G}$$

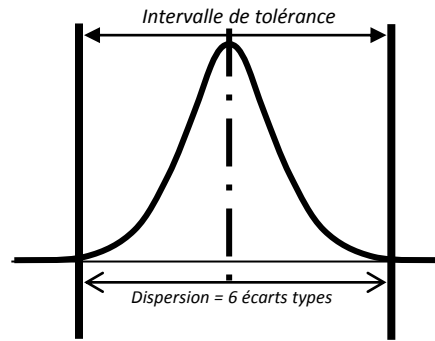


Capabilité d'un processus

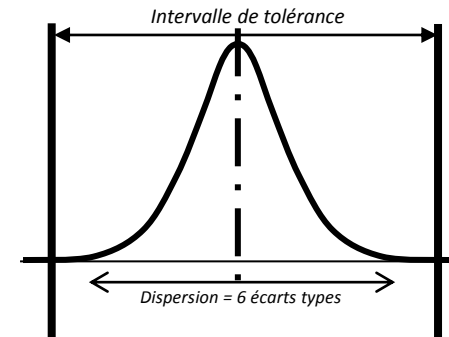
Indicateurs de capabilité intrinsèque (C_m , C_p ou P_p)



$C_m < 1$: Non Capable

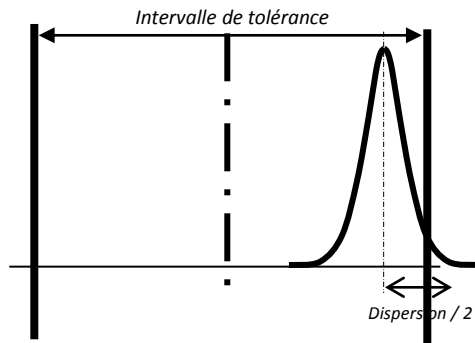


$C_m = 1$: Juste Capable

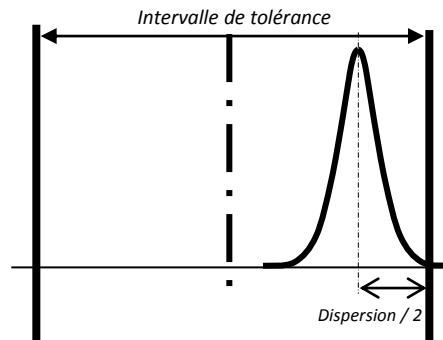


$C_m > 1,33$: Capable

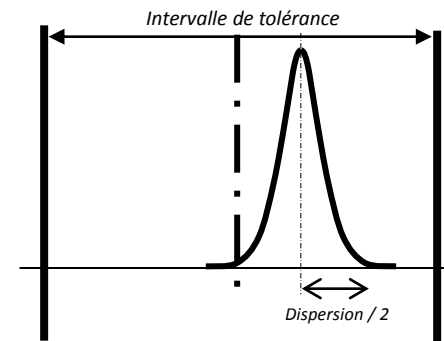
Indicateurs de centrage (C_{mk} , C_{pk} ou P_{pk})



$C_{mk} < 1$: Non Capable



$C_{mk} = 1$: Juste Capable



$C_{mk} > 1,33$: Capable

Les Cartes de Contrôle

Les différents types de cartes de contrôle

Cartes

aux mesures

(2 paramètres à surveiller)

Position

\bar{X}

M

Carte
des
moyennes

Carte
des
médianes

Dispersion

S

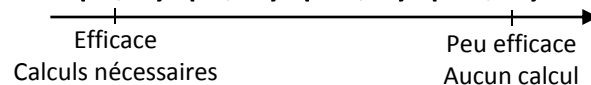
R

Carte
des
écarts types

Carte
des
étendues

Une carte de contrôle comporte toujours les deux paramètres

↳ 4 cartes possibles : (\bar{X}, S) (\bar{X}, R) (M, S) (M, R)



Les cartes de contrôle « spécialisées » :

CUSUM (Cumulative Sum)

EWMA (Exponentially Weighted Moving Averages)

Efficaces pour la détection
des petites dérives

Cartes

aux attributs

(2 types)

Articles

Non conformes

Nombres

Proportions

Non

conformités

Nombres

Proportions

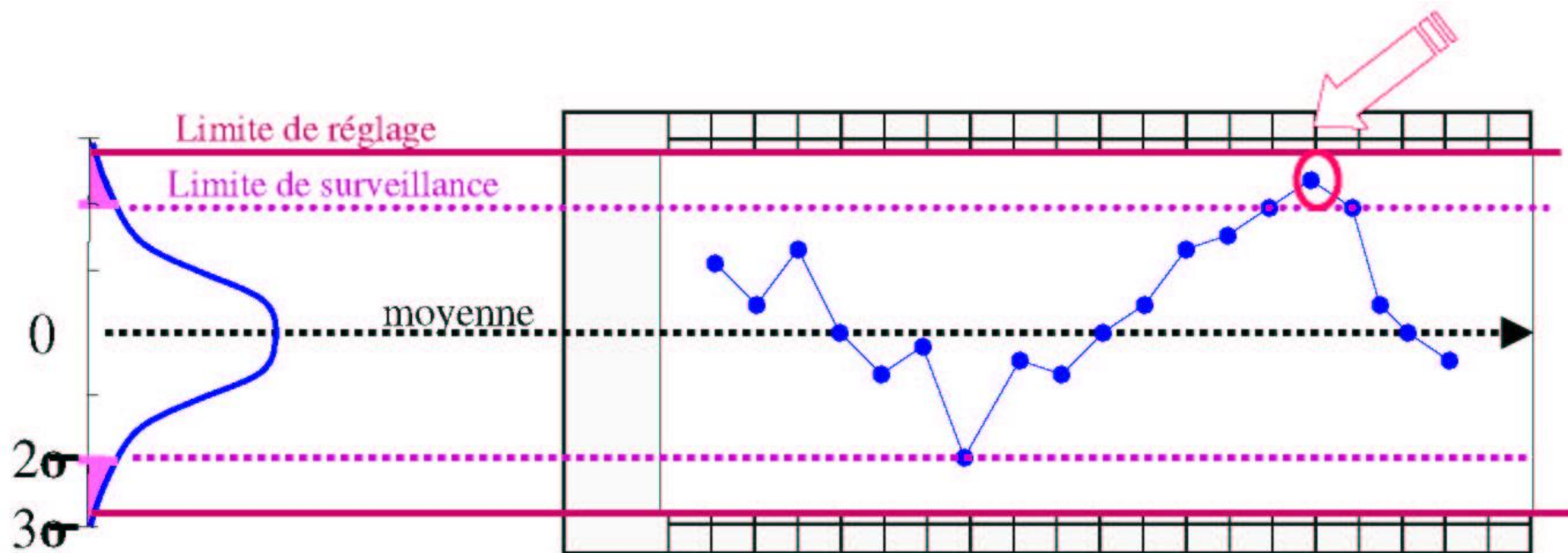
	Non-conforme	Non-conformité
Nombre	Nombre de produits NC np	Nombre de non-conformités c
Proportion	% de produits NC p	% de non-conformités u

Échantillon
de taille
constante

Échantillon
de taille
variable

Les Cartes de Contrôle aux mesures

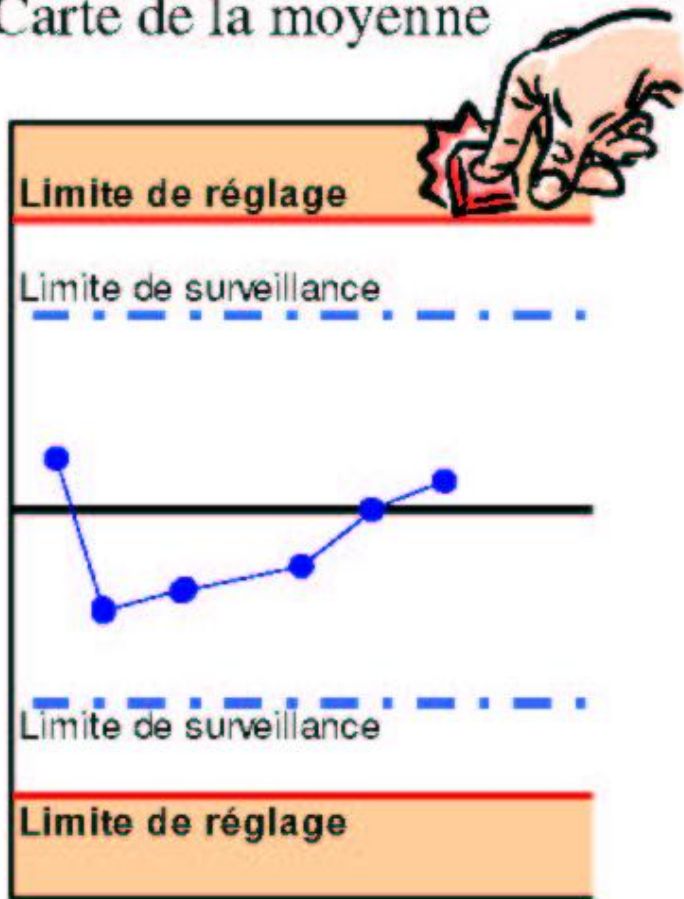
Principe de pilotage en SPC



Dans cet exemple, on observe qu'un point sort des limites de surveillance. A première vue, il faudra surveiller cette production.

Les limites de contrôle

Carte de la moyenne



Les limites de :

- surveillance = attention
- et
- de contrôle (ou de réglage) = alarme

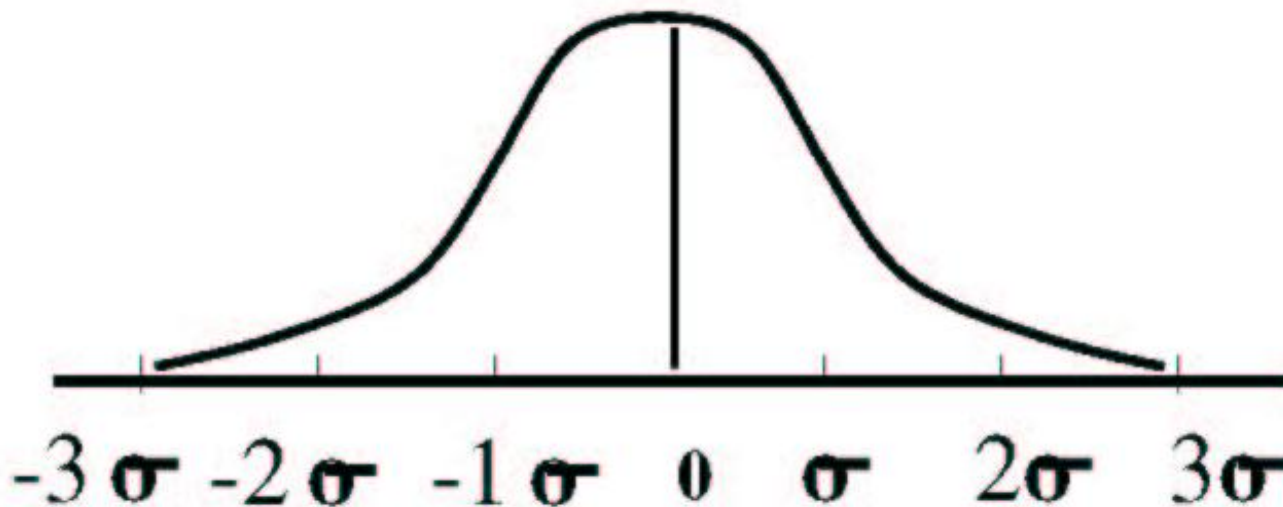
vont permettre de fixer des règles d'utilisation de la carte de contrôle pour piloter le processus à court terme.

Identifier les limites de surveillance et de contrôle

Placez sur la courbe de Gauss ci-dessous les limites de surveillance et de contrôle pour avoir :

Surveillance : 4,56% de chances de trouver un point en dehors des limites

Contrôle : 0,27% de chances de trouver un point en dehors des limites



Cartes de contrôle aux mesures: 2 paramètres à maîtriser



Décalage de la position (moyenne) /



Décalage de la dispersion

Les cartes de contrôle (exemple 2)



Material-Nr.: 1068 332 066
Benennung: Sonnenrad

AVO-Nr.: 060
Arbeitsplatz: 58 20 22
WZ-Nr.:

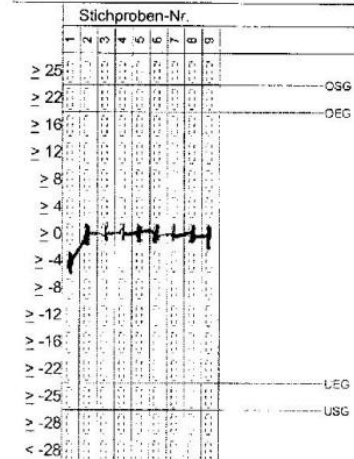
Lage des Toleranzfeldes wird
durch Chargenvorlauf
festgelegt.

Kugelmass $\pm 0,035$ C3
Prüffr.: 400 Teile 5

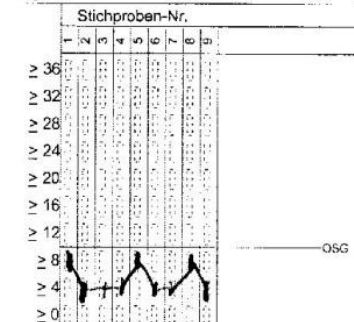
PW

Name	Grob	Grob	7	7	Grob	Grob	7	Grob	Grob
Datum	18.04	18.04	18.4	18.4	19.04	19.04	19.4	20.04	20.04
$\geq 0,060$	60								
$\geq 0,056$	56								
$\geq 0,052$	52								
$\geq 0,048$	48								
$\geq 0,044$	44								
$\geq 0,040$	40								
$\geq 0,036$	36								
$\geq 0,032$	32								
$\geq 0,028$	28								
$\geq 0,024$	24								
$\geq 0,020$	20								
$\geq 0,016$	16								
$\geq 0,012$	12								
$\geq 0,008$	8								
$\geq 0,004$	4								
$\geq 0,000$	0								
$\geq -0,004$	-4								
$\geq -0,008$	-8								
$\geq -0,012$	-12								
$\geq -0,016$	-16								
$\geq -0,020$	-20								
$\geq -0,024$	-24								
$\geq -0,028$	-28								
$\geq -0,032$	-32								
$\geq -0,036$	-36								
$\geq -0,040$	-40								
$\geq -0,044$	-44								
$\geq -0,048$	-48								
$\geq -0,052$	-52								
$\geq -0,056$	-56								
$\geq -0,060$	-60								
$\leq -0,060$	-60								
Stichproben-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Summe	-4	12	4	12	16	12	8	8	8
Mittelwert	-0,8	2,4	1,6	2,4	3,2	2,4	1,6	1,6	1,6
Spannweite	8	4	4	4	8	4	4	8	4

Mittelwert



Spannweite



Sortiert

Teile/Ausf.

Stpr.-Nr.

Regelung

Datum

Tag

Monat

Jahr

Stichproben

0

1

2

3

4

5

6

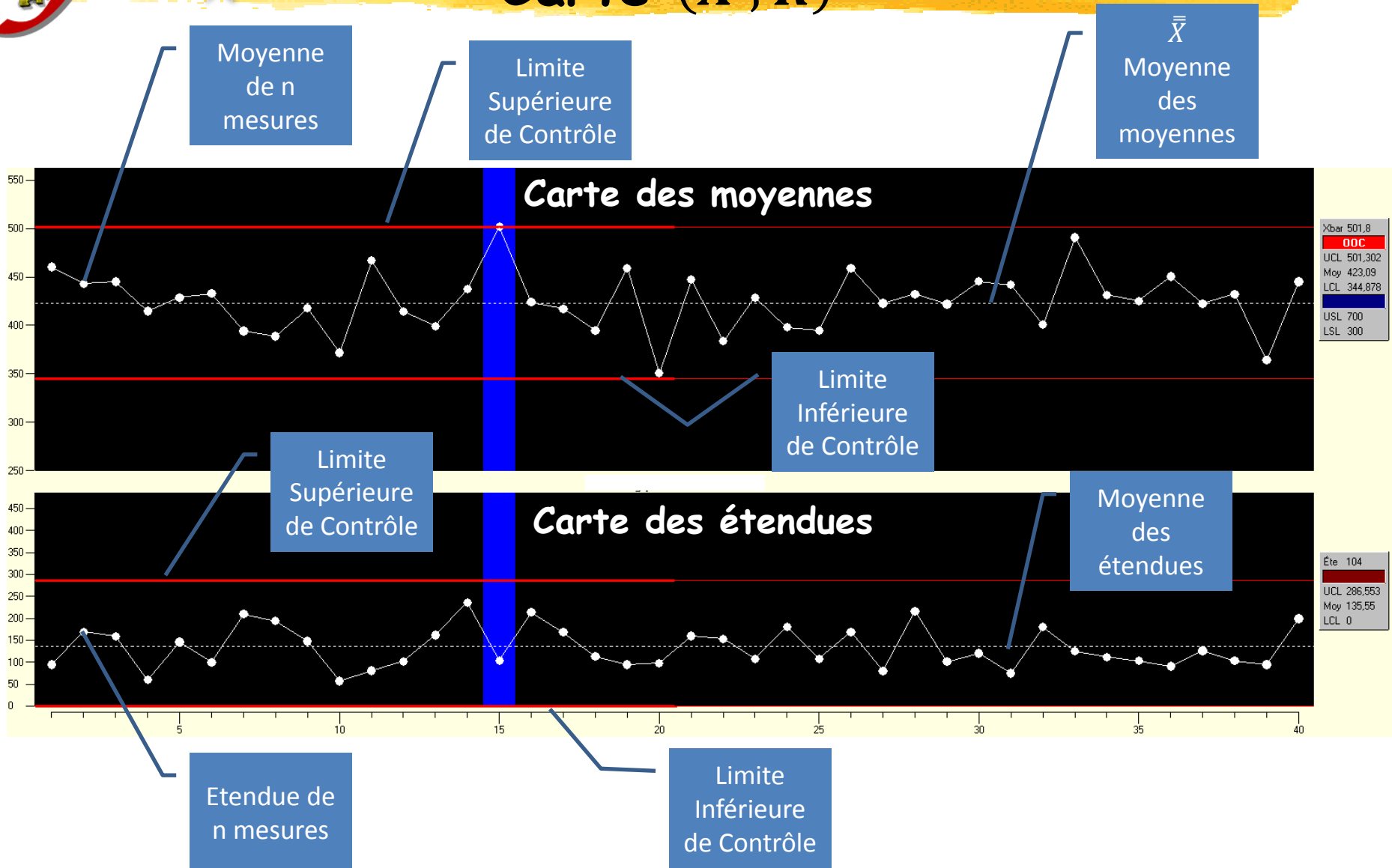
7

8

9

Les cartes de Contrôle (exemple 3)

Carte (\bar{X} ; R)



Les cartes de Contrôle (exemple 3)

Carte (\bar{X} ; R)

$\bar{X} < \pm 1 \sigma_{\bar{X}}$
= 68% des \bar{X}

$1 \sigma_{\bar{X}} < \bar{X} < 2 \sigma_{\bar{X}}$
= 27,2% des \bar{X}

$2 \sigma_{\bar{X}} < \bar{X} < 3 \sigma_{\bar{X}}$
= 4,3% des \bar{X}

$3 \sigma_{\bar{X}} < \bar{X}$
= 0,27% des \bar{X}

Carte des moyennes

Limites de
Surveillance
 $\pm 2 \sigma_{\bar{X}}$

Carte des étendues

Distribution
des
moyennes

X-bar 501,8
OOC
UCL 501,302
Moy 423,09
LCL 344,878
USL 700
LSL 300

Éte 104
UCL 286,553
Moy 135,55
LCL 0

Théorie de l'échantillonnage

Distribution des données

Population

Echantillon

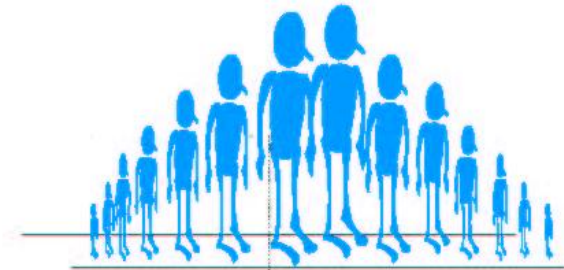
Ti

Ts

m

m

La moyenne des
moyennes reste
identique



La taille de l'échantillon

$n = 5$

Théorie de l'échantillonnage

Théorème 1: Distribution des moyennes

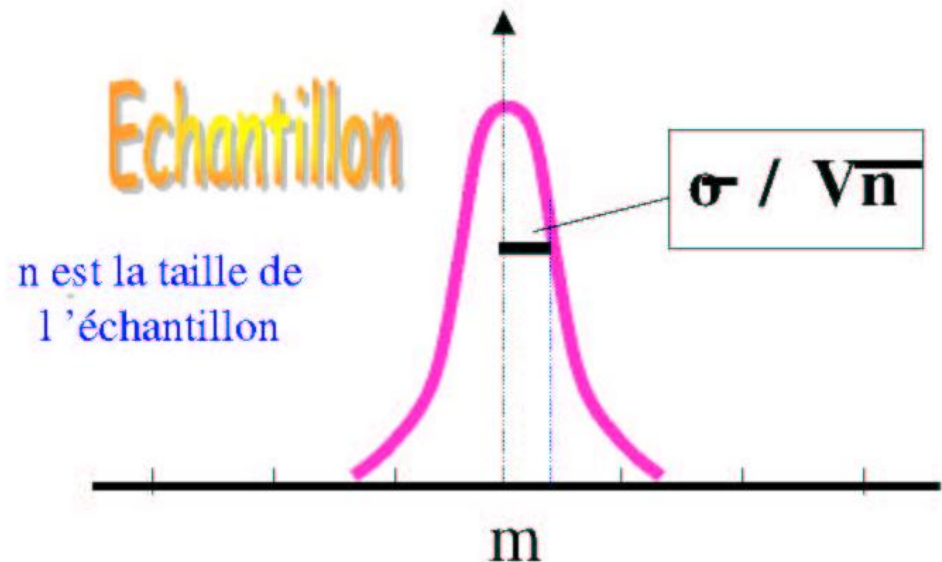
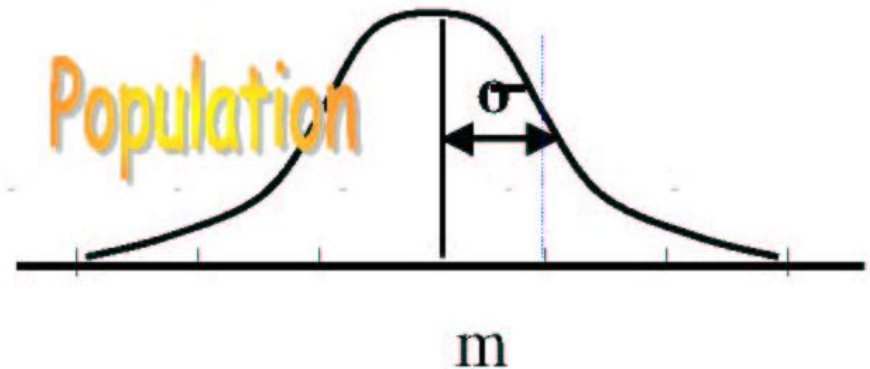
L'ensemble constitué par la série des moyennes de k échantillons de **taille n** prélevés dans une **population P** (de **moyenne m** et d'**écart-type σ**) est distribuée avec:

- la moyenne de l'échantillon:

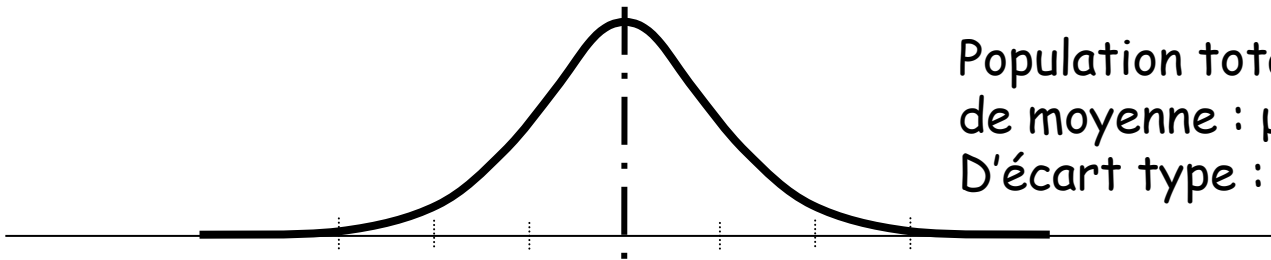
$$m_e = m$$

- l'écart-type de l'échantillon:

$$\sigma_e = \sigma / \sqrt{n}$$

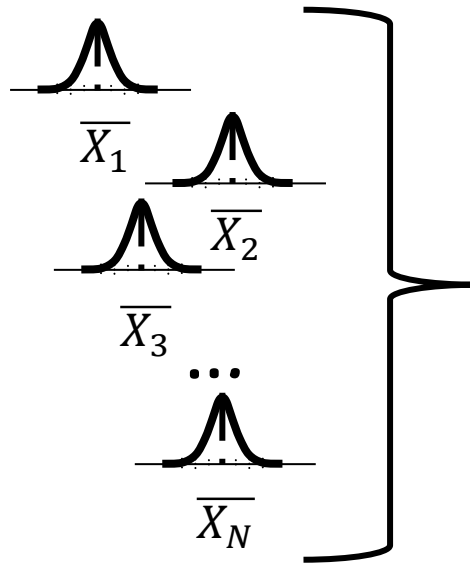


Loi de distribution des MOYENNES



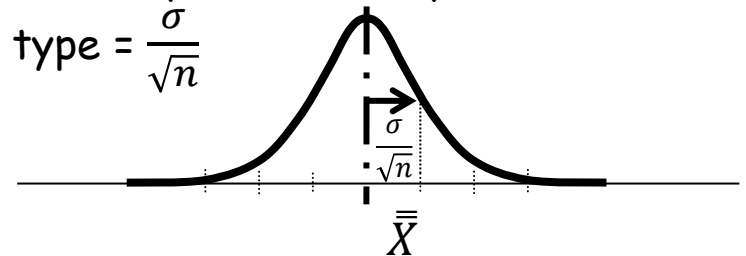
Population totale INCONNUE
de moyenne : μ
D'écart type : σ

Echantillon n°1
de n individus
de moyenne : \bar{X}_1
D'écart type : σ_1



La distribution des moyennes suit une
loi Normale de :

Moyenne = moyenne des moyennes $\bar{\bar{X}}$
Ecart type = $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$



Calcul des limites de contrôle

- De la carte aux valeurs individuelles
- De la carte aux moyennes

pour une série de valeurs issues d'une fabrication.

(lancé de balles)

Calcul des limites de contrôle

	Cartes \bar{x} et R				Cartes \bar{x} et s			
	Graphique des moyennes	Graphique des étendues (R)			Graphique des moyennes	Graphique des écarts-types (s)		
Taille du sous-groupes	Facteurs pour limites de contrôle	Diviseurs pour estimation de l'écart-type	Facteurs pour limites de contrôle		Facteurs pour limites de contrôle	Diviseurs pour estimation de l'écart-type	Facteurs pour limites de contrôle	
n	A ₂	d ₂	D ₃	D ₄	A ₃	c ₄	B ₃	B ₄
2	1.880	1.128	---	3.267	2.659	0.7979	---	3.267
3	1.023	1.693	---	2.574	1.954	0.8862	---	2.568
4	0.729	2.059	---	2.282	1.628	0.9213	---	2.266
5	0.577	2.326	---	2.114	1.427	0.9400	---	2.089
6	0.483	2.534	---	2.004	1.287	0.9515	0.030	1.970
7	0.419	2.704	0.076	1.924	1.182	0.9594	0.118	1.882
8	0.373	2.847	0.136	1.864	1.099	0.9650	0.185	1.815
9	0.337	2.970	0.184	1.816	1.032	0.9693	0.239	1.761
10	0.308	3.078	0.223	1.777	0.975	0.9727	0.284	1.716
11	0.258	3.173	0.256	1.744	0.927	0.9754	0.321	1.679
12	0.266	3.258	0.283	1.717	0.886	0.9776	0.354	1.646
13	0.249	3.336	0.307	1.693	0.850	0.9794	0.382	1.618
14	0.235	3.407	0.328	1.672	0.817	0.9810	0.406	1.594
15	0.223	3.472	0.347	1.653	0.789	0.9823	0.428	1.572
16	0.212	3.532	0.363	1.637	0.763	0.9835	0.448	1.552
17	0.203	3.588	0.378	1.622	0.739	0.9845	0.466	1.534
18	0.194	3.640	0.391	1.608	0.718	0.9854	0.482	1.518
19	0.187	3.689	0.403	1.597	0.698	0.9862	0.497	1.503
20	0.180	3.735	0.415	1.585	0.680	0.9869	0.510	1.490

Limites de contrôle de la carte des moyennes

$$LSC \bar{X}, LIC \bar{X} = \bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$$

Limites de contrôle de la carte des étendues

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

Estimation de l'écart type

$$\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2$$

Limites de contrôle de la carte des moyennes

$$LSC \bar{X}, LIC \bar{X} = \bar{\bar{X}} \pm A_3 \bar{s}$$

Limites de contrôle de la carte des écarts types

$$LSC_s = B_4 \bar{s}$$

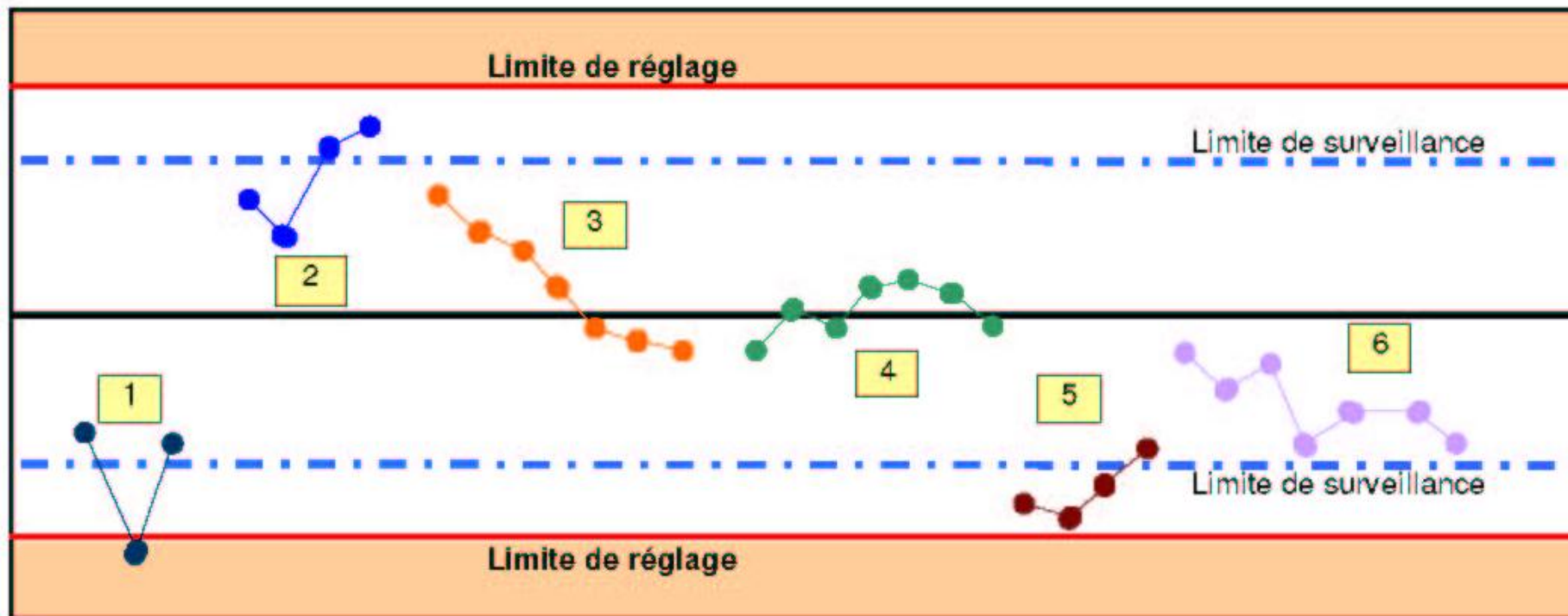
$$LIC_s = B_3 \bar{s}$$

Estimation de l'écart type

$$\hat{\sigma} = \bar{s} / c_4$$

- L'utilisateur (l'opérateur) de la carte de contrôle doit pour interpréter les résultats de mesures et de calculs qu'il reporte sur la carte.
- Les actions doivent être réalisées en temps réel.
- La carte doit être associée à un tableau de bord des événements de la machine ou du processus.

Application



Déterminer pour chaque cas quel est le type de situation non maîtrisée ainsi que les actions à entreprendre.

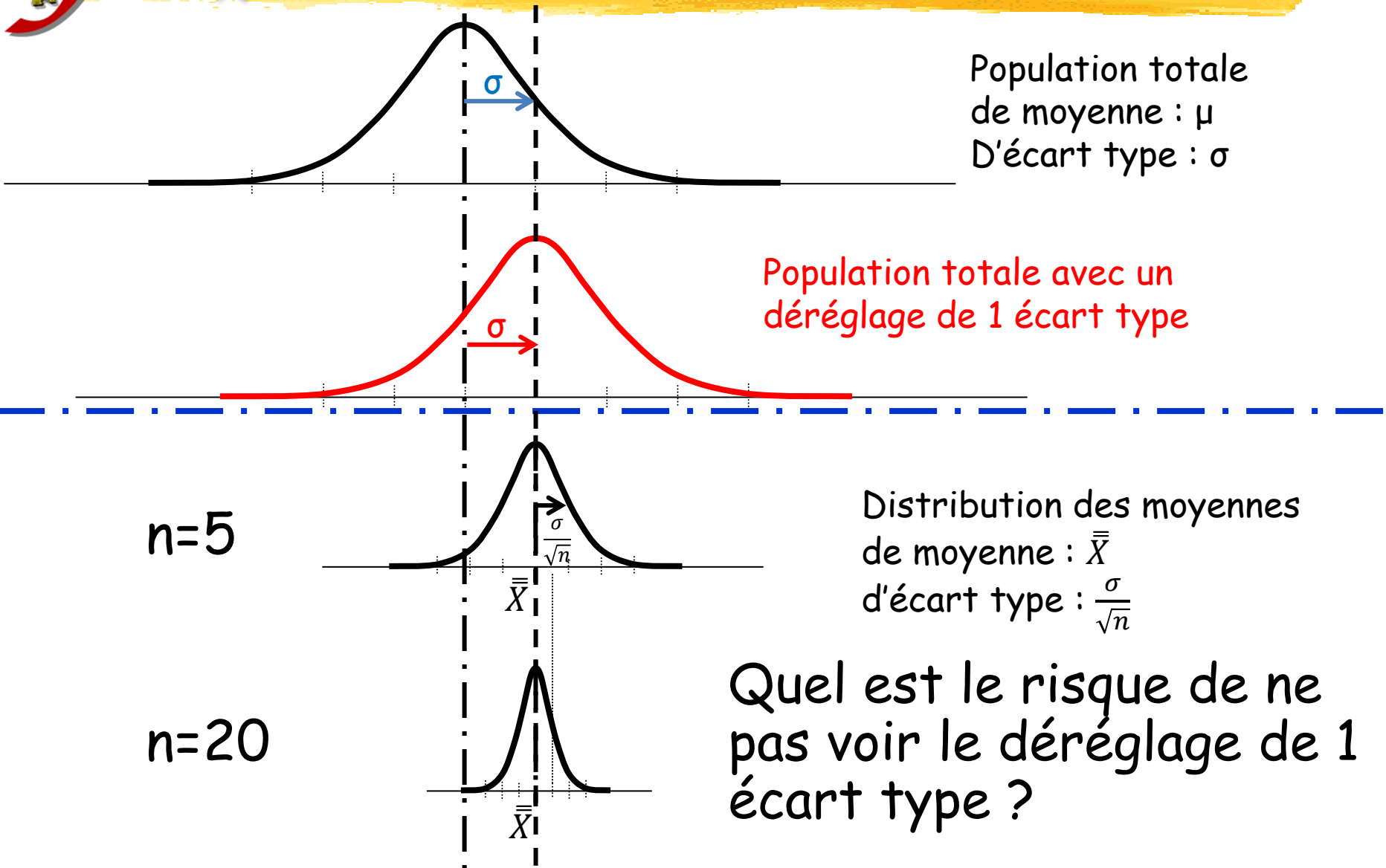
Efficacité des cartes de contrôle

Un contrôle statistique est nécessairement assorti de deux risques d'erreur :

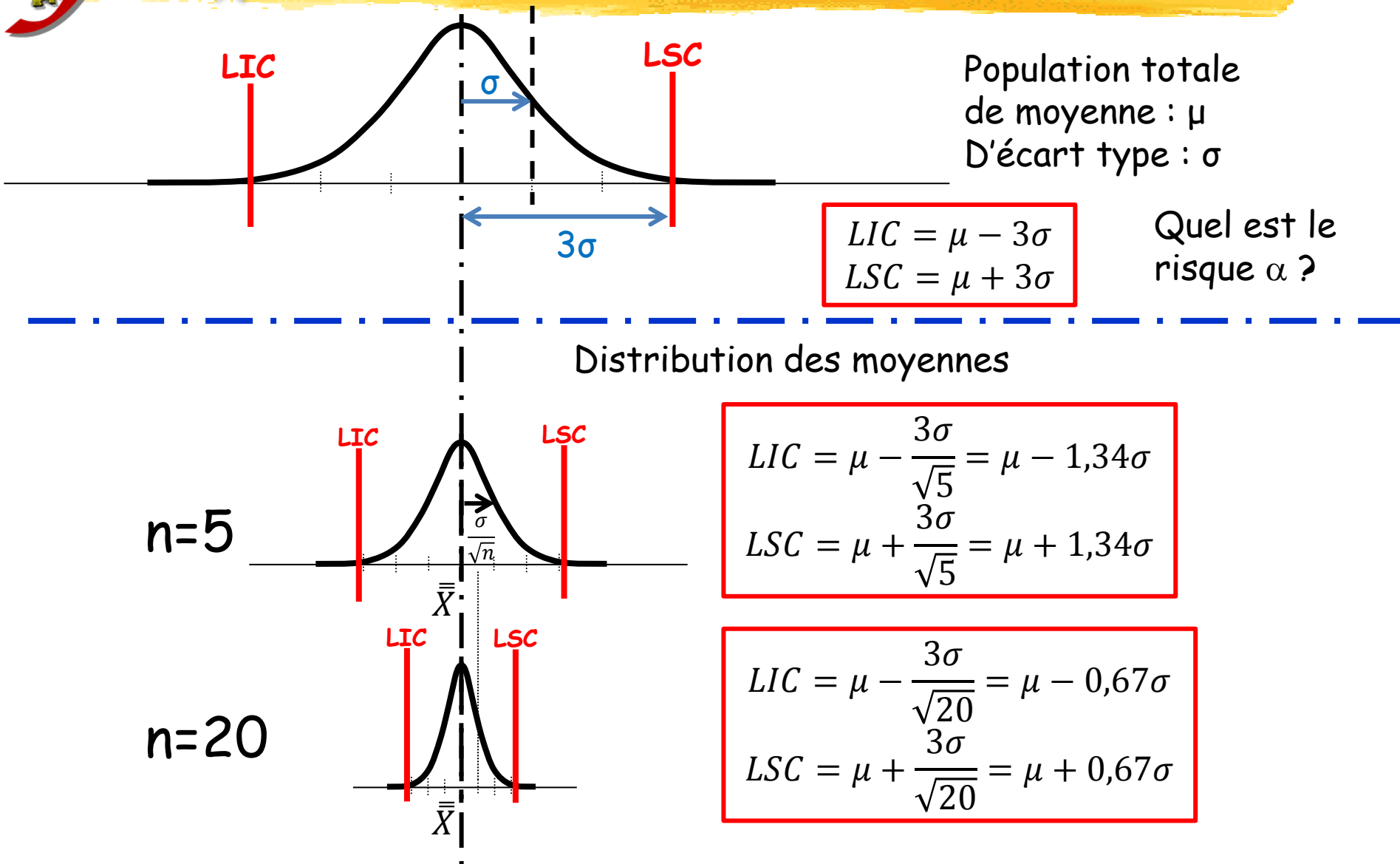
- Le risque α (ou risque fournisseur) :
Risque de conclure à un dérèglement alors que la machine est en réalité bien réglée.
- Le risque β (ou risque client) :
Risque de conclure à un fonctionnement normal de la machine alors que en réalité celle-ci est dérèglée.

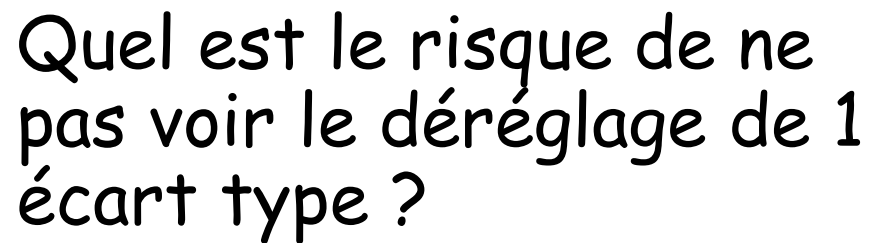
*Ces risques dépendent de la taille de l'échantillon (cf. courbes d'efficacité).
L'efficacité du contrôle croît rapidement avec n .*

Notion d'efficacité

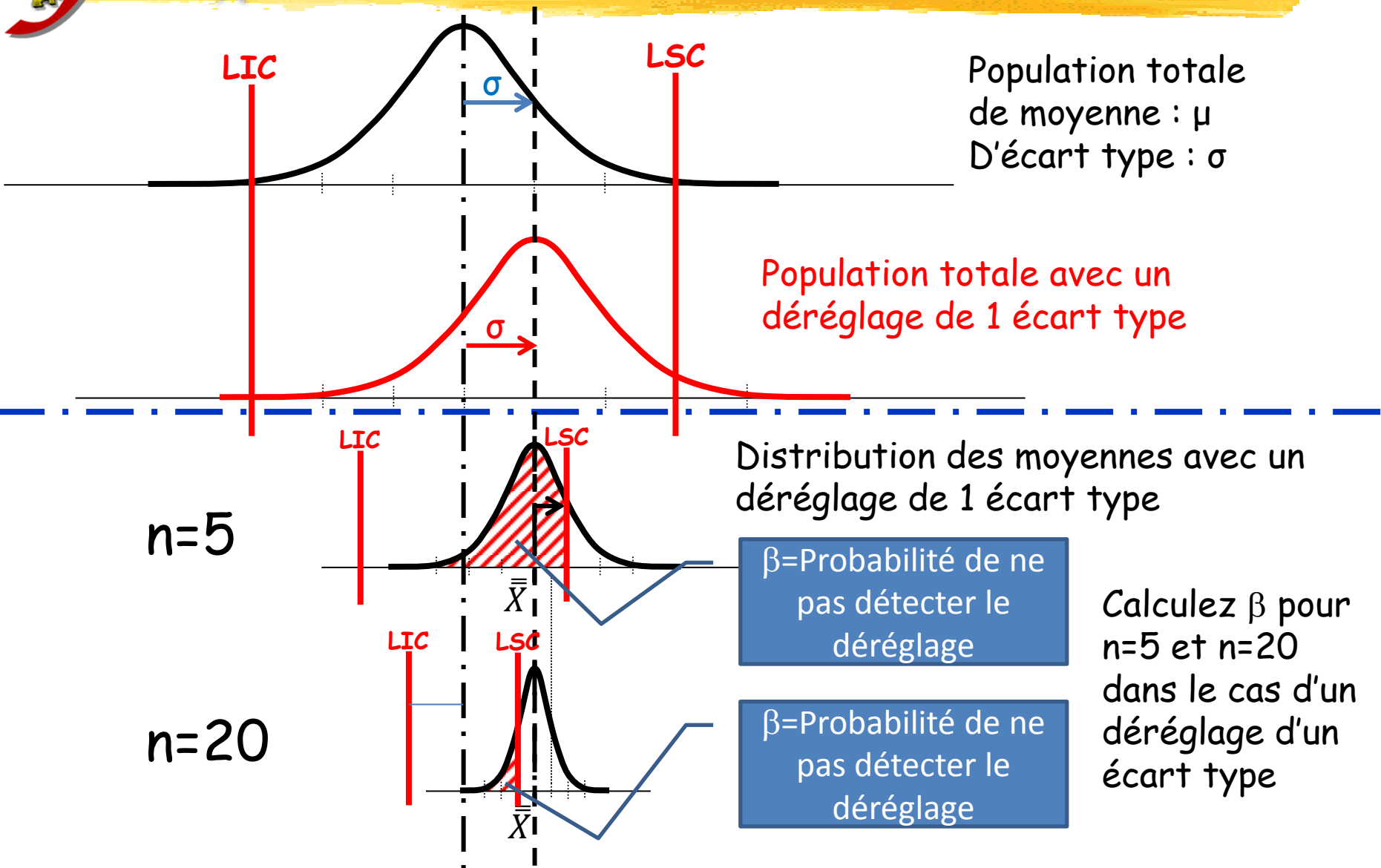


Notion d'efficacité

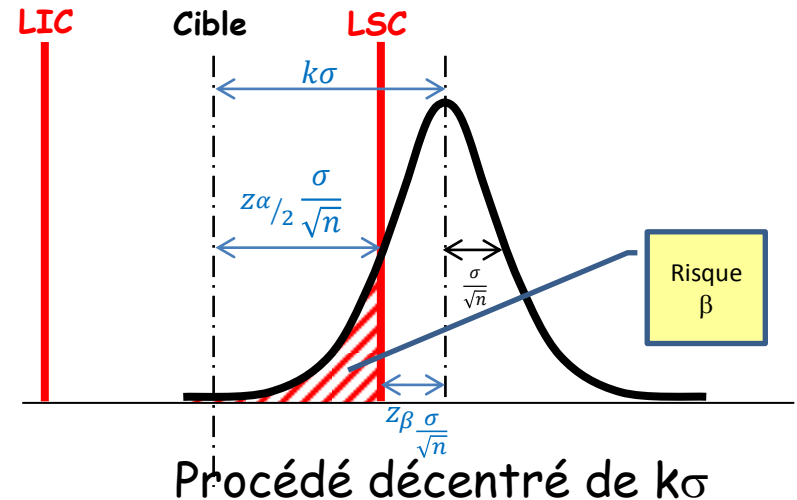
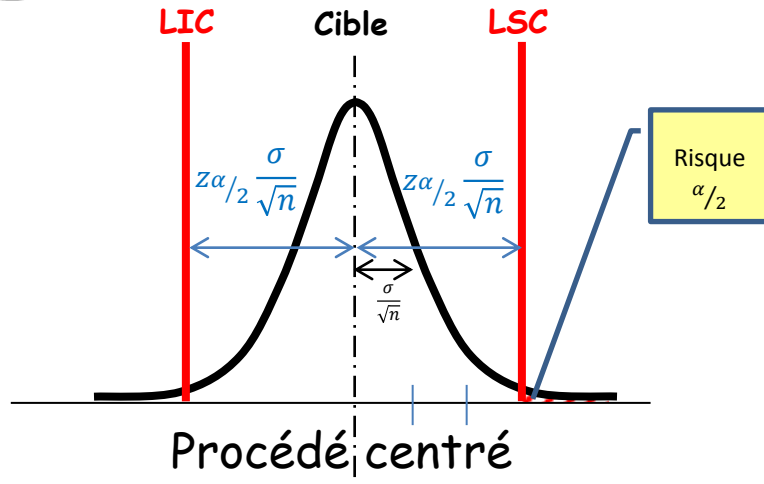




Notion d'efficacité



Généralisation du calcul du risque β



$$k\sigma = z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} + z_{\beta} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \Leftrightarrow z_{\beta} = k\sqrt{n} - z_{\alpha/2}$$

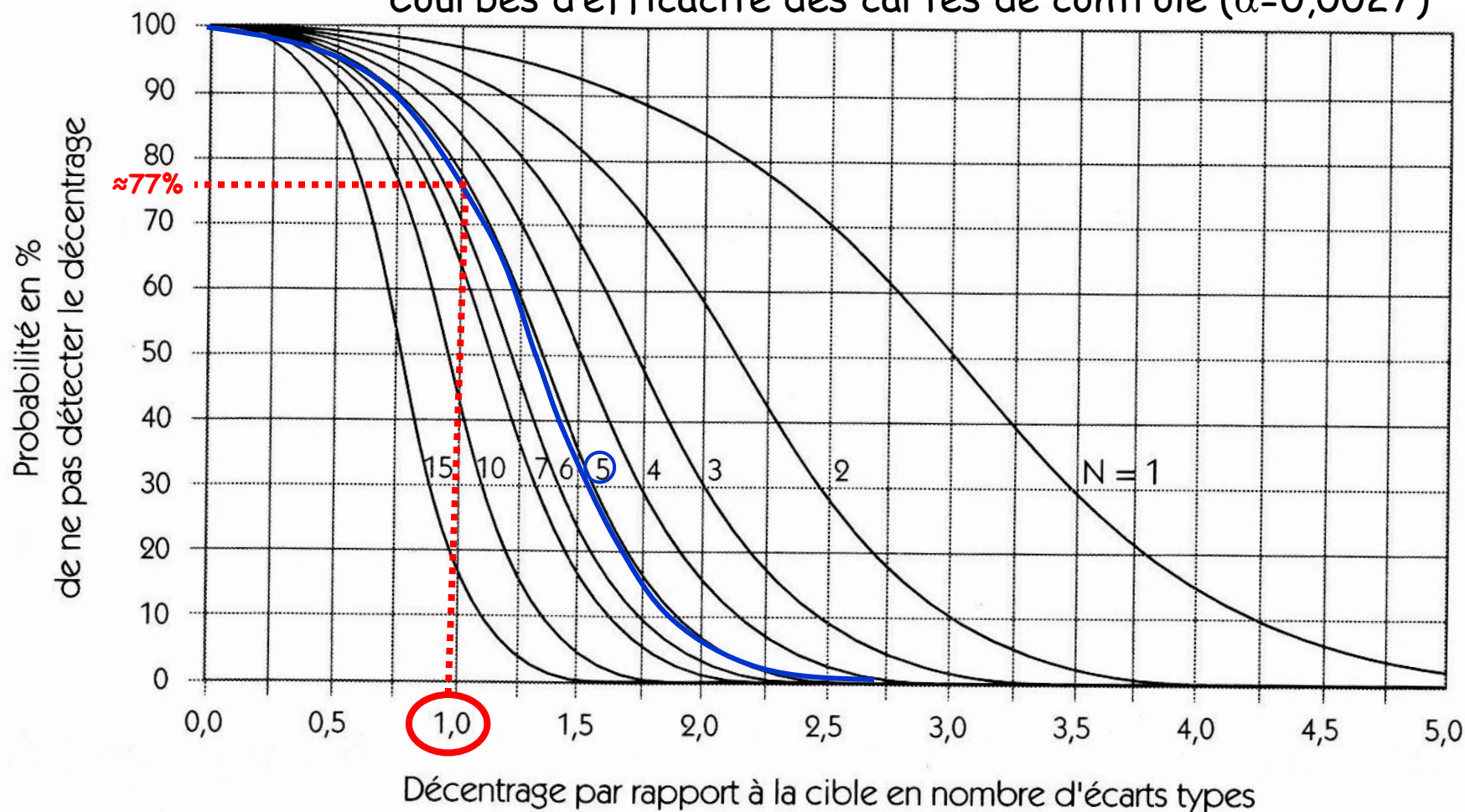
Equation de la courbe d'efficacité de la carte de contrôle.

$$\text{d'où } n = \left[\frac{z_{\beta} + z_{\alpha/2}}{k} \right]^2$$

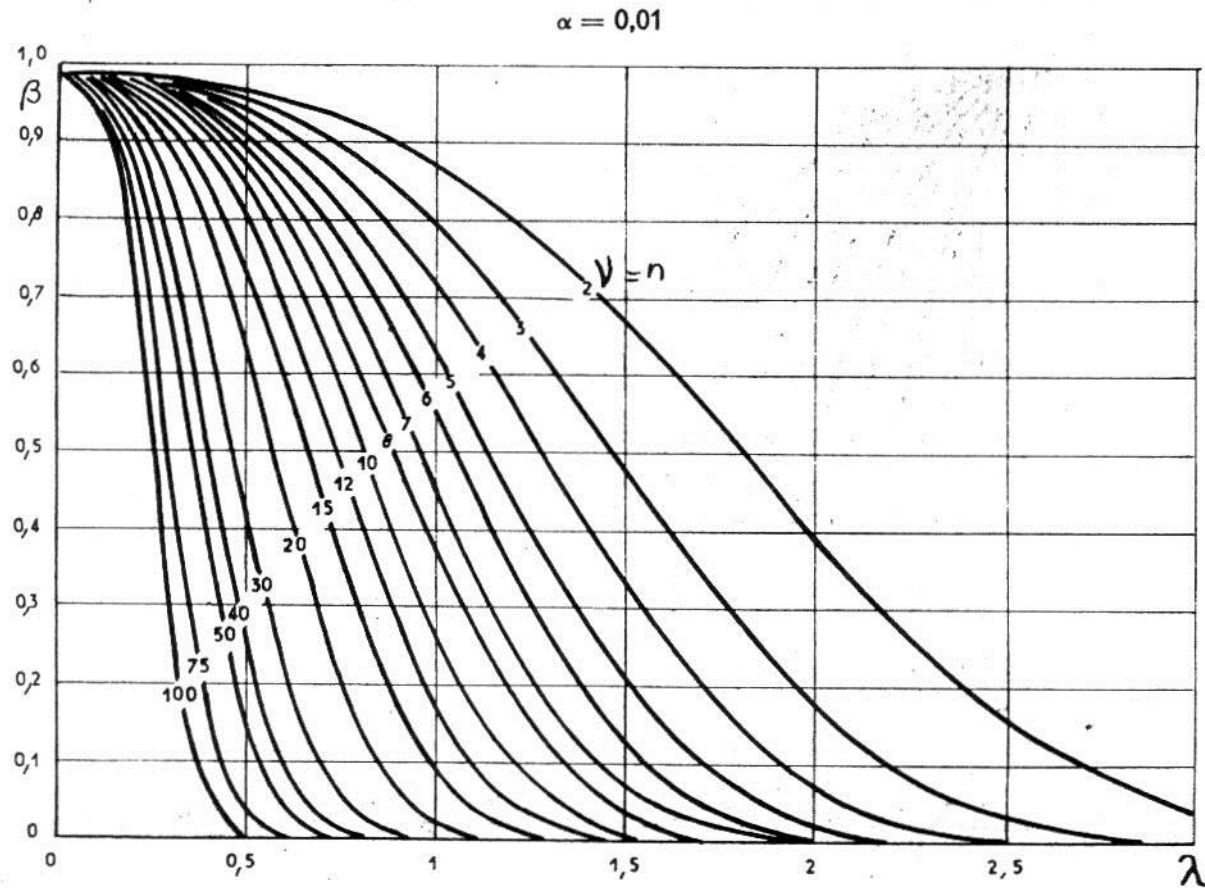
Permet de calculer la taille de l'échantillon pour un risque α donné et une probabilité $(1-\beta)$ de détecter un décentrage de $k\sigma$.

Courbes d'efficacité des cartes de contrôle

Courbes d'efficacité des cartes de contrôle ($\alpha=0,0027$)



Courbes d'efficacité

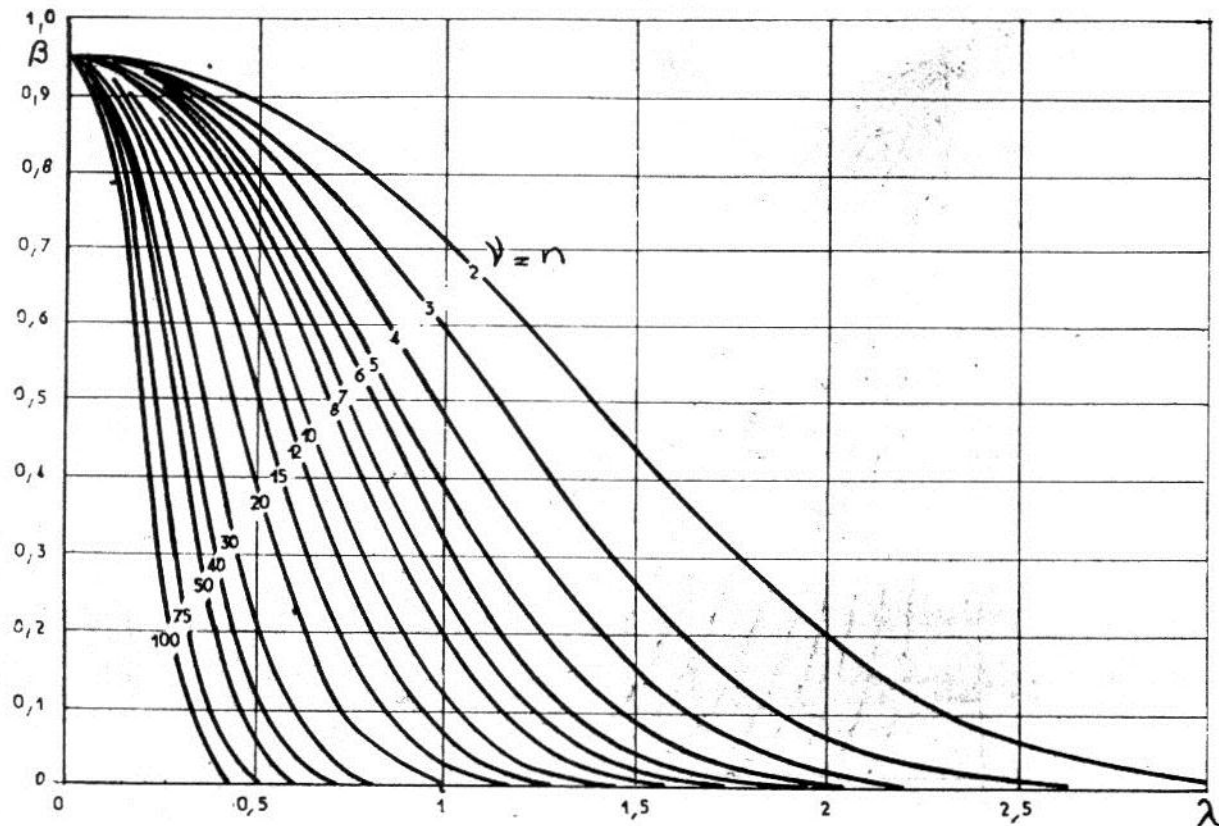


Courbes d'efficacité

COURBES D'EFFICACITÉ N° 1

Tests bilatéraux de comparaison de moyennes

$$\alpha = 0,05$$



Taille des échantillons

La taille n de l'échantillon prélevé fixe la fiabilité de l'estimation de la population fabriquée. Elle détermine ainsi l'efficacité de la carte de contrôle (risque α de conclure à un dérèglement alors qu'il n'y en a pas et risque β de ne pas détecter un dérèglement alors que celui-ci existe). La valeur $n=5$ est traditionnellement prise dans les industries mécaniques pour la facilité de calcul de la moyenne qu'elle procure ($\div 5$ revient à $\times 2$ et $\div 10$).

Le tableau ci-dessous donne la probabilité (en %) de détecter un dérèglement de k écarts types pour $n=1$ à $n=7$. C'est le risque $(1-\beta)$.

k	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
n=1	0,6	2,3	6,7	15,9	30,8	50	69,1	84,1	93,3	97,7
n=2	1,4	5,7	18,9	43,6	70,2	89,3	97,4	99,6	100	100
n=3	1,7	10,2	34,5	67,7	90,7	98,6	99,9	100	100	100
n=4	2,3	15,9	50	84,1	97,72	99,9	100	100	100	100
n=5	3	22,4	63,7	92,9	99,5	100	100	100	100	100
n=6	3,8	29,1	74,8	97,06	100	100	100	100	100	100
n=7	4,8	36,3	83,4	98,9	100	100	100	100	100	100

Fréquence des prélèvements

La fréquence des prélèvements doit être ajustée en fonction de la fréquence des interventions sur le procédé.

Règle empirique :

La fréquence de prélèvement d'une carte de contrôle doit être au moins 4 fois plus importante que la fréquence des actions correctives sur le procédé

On choisit, en général, une fréquence relativement élevée au début de la mise en place d'une carte et, à mesure que l'on maîtrise mieux le processus (amélioration de la stabilité), on diminue la fréquence de prélèvement.

R. Cave propose de calculer l'intervalle entre deux prélèvements (noté : I) à l'aide de la formule suivante :

$$I(\text{nbre de pièces}) = \sqrt{n.N}$$

soit

$$I(\text{minutes}) = \sqrt{n.N} \frac{60}{c}$$

avec

c : cadence horaire de la machine

n : nombre de pièces prélevées

N : nombre de pièces fabriquées entre deux réglages

Les Cartes de Contrôle aux attributs

Principe du contrôle par attributs

Lorsque la mesure n'est pas possible ou que l'on souhaite réduire le coût du contrôle on se contentera de compter :

- Les produits non-conformes
- ou
- Les non-conformités

Exemples :

- Défauts de peinture
- Contrôle par gabarit

Causes communes et causes spéciales

Le principe de la MSP (distinguer les causes spéciales des causes communes) reste le même pour le contrôle par attribut.

Si l'on sait que la production comporte habituellement 5% de produits non-conforme et,

1. On mesure un jour 10% de non-conforme → on peut supposer que cela provient d'une cause spéciale. Il faudra agir sur les 6M pour rétablir le taux de non-conforme habituel.
2. On mesure un jour 1% de non-conforme → on peut supposer que cela provient d'une cause spéciale. Il faudra identifier la ou les causes spéciales et les maintenir pour améliorer le procédé.

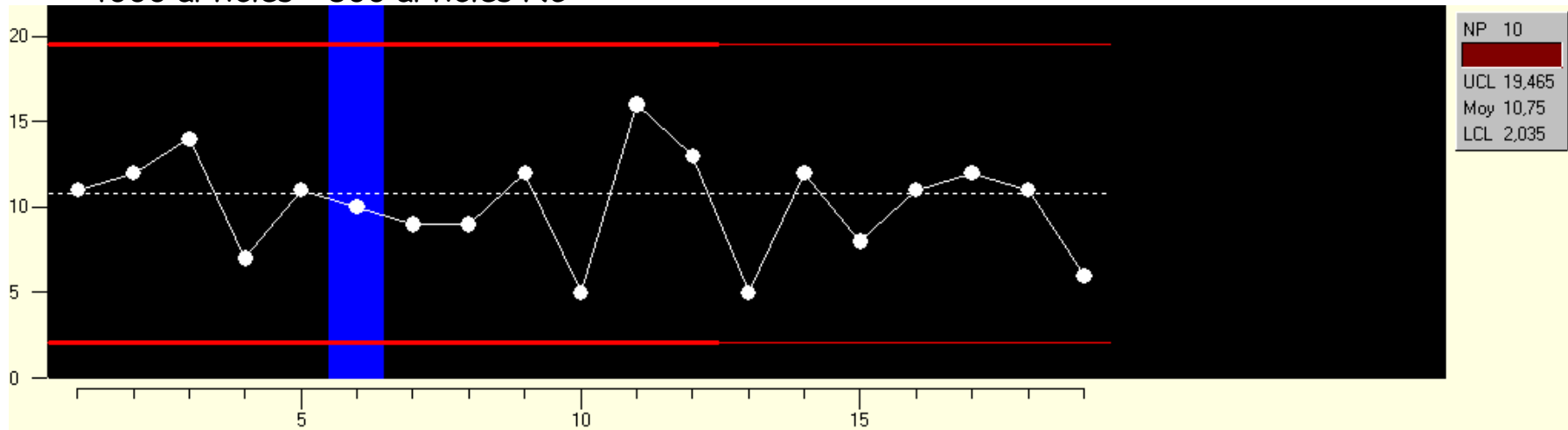
La MSP va s'attacher à traiter cela de façon statistique.

Attention :

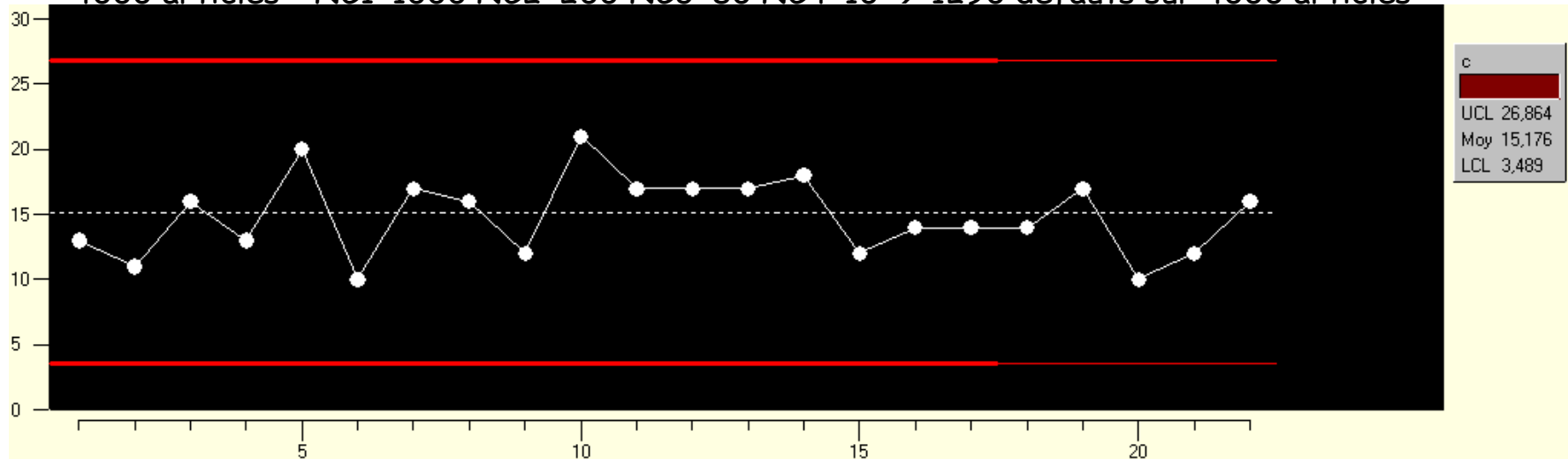
- Contrôle aux attributs moins « riche » que le contrôle par mesure
- Nécessité de définir des critères clairs de non-conformité.

Exemples de carte aux attributs

Carte np - Nombre d'articles non-conformes - lot de 50 articles - moy de 20% de NC
4000 articles - 800 articles NC



Carte c - Nombre de non-conformités - lot de 50 articles - 4 types de NC - $\bar{c} = 32,25\%$
4000 articles - NC1=1000 NC2=200 NC3=80 NC4=10 → 1290 défauts sur 4000 articles



Loi Binomiale

Probabilité de tirer sans remise x produits défectueux dans un échantillon de n produits venant d'un lot ayant une probabilité p de défectueux.

$$P(x) = \frac{n!}{x! (n - x)!} p^x (1 - p)^{n-x}$$

$$\mu = np$$

$$\sigma = \sqrt{np(1 - p)}$$

→ Application à l'évaluation des articles non-conformes : **cartes np et p**

Loi de Poisson

Probabilité d'avoir x défauts sur un article sachant que l'on a en moyenne λ défauts par article.

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

$$\mu = \lambda$$

$$\sigma = \sqrt{\lambda}$$

→ Application à l'évaluation des non-conformités : **cartes c et u**

Calcul des limites de contrôle

Limites de contrôle	Articles Non Conformés	Non Conformités
Nombre	Carte np $\bar{np} \pm 3\sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}$	Carte c $\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$
Proportion	Carte p $\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}$	Carte u $\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$

Carte np :

\bar{np} : nombre moyen de défectueux
 \bar{p} : proportion moyenne de défectueux
 n : nombre de pièces par échantillon
 k : nombre d'échantillons

$$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{k} \quad \bar{p} = \frac{\bar{np}}{n}$$

Carte p :

n_i : taille de l'échantillon i
 \bar{p} : proportion moyenne de défectueux

$$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

Carte c :

\bar{c} : nombre moyen de non-conformités
 c_k : nombre de non-conformités dans le lot k
 k : nombre de lots (d'échantillons)

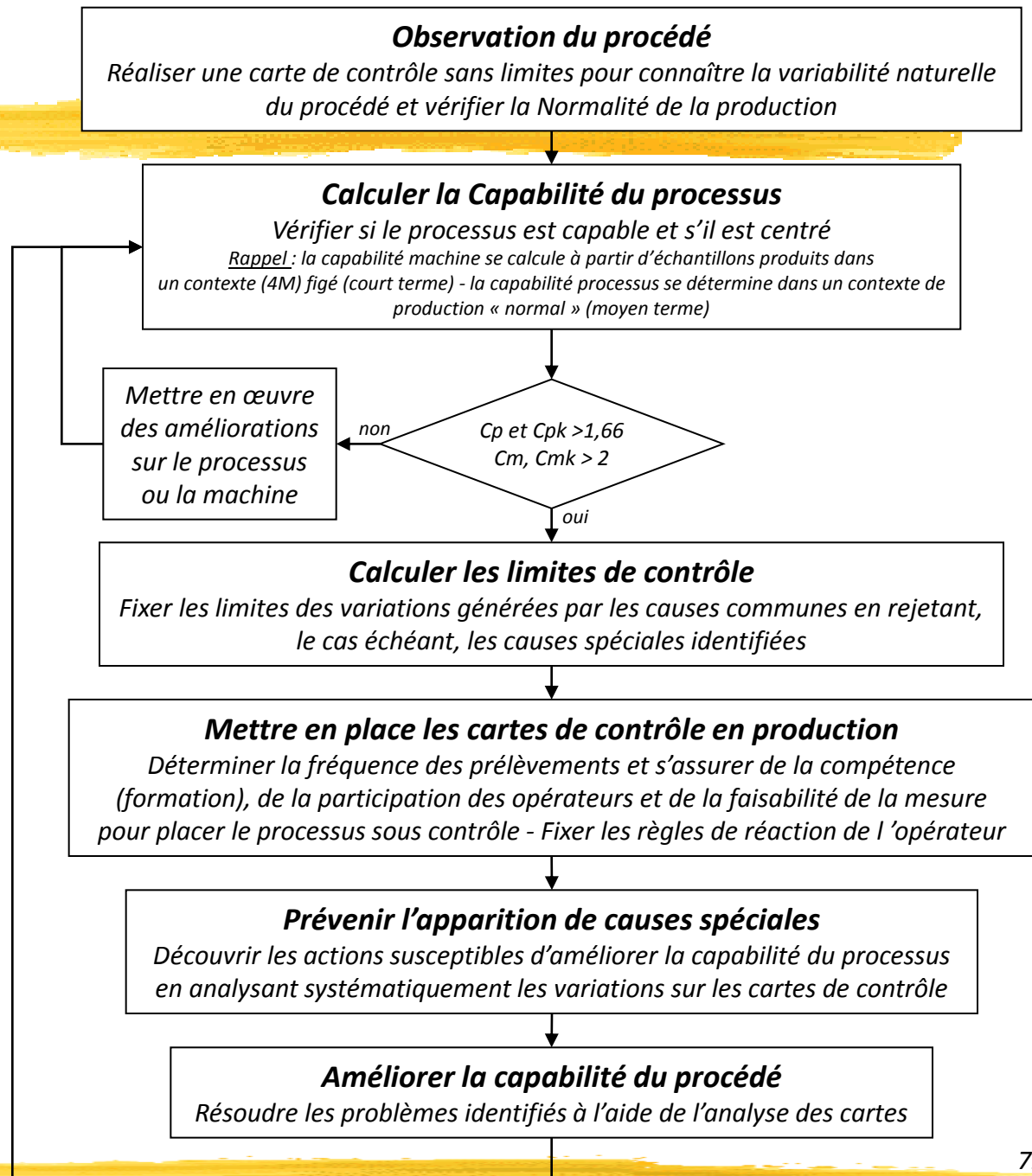
$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{k}$$

Carte u :

\bar{u} : nombre moyen de non-conformités par unité
 n_i : taille de l'échantillon i
 c_k : nombre de non-conformités dans le lot k

$$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

Mise en place des cartes de contrôle

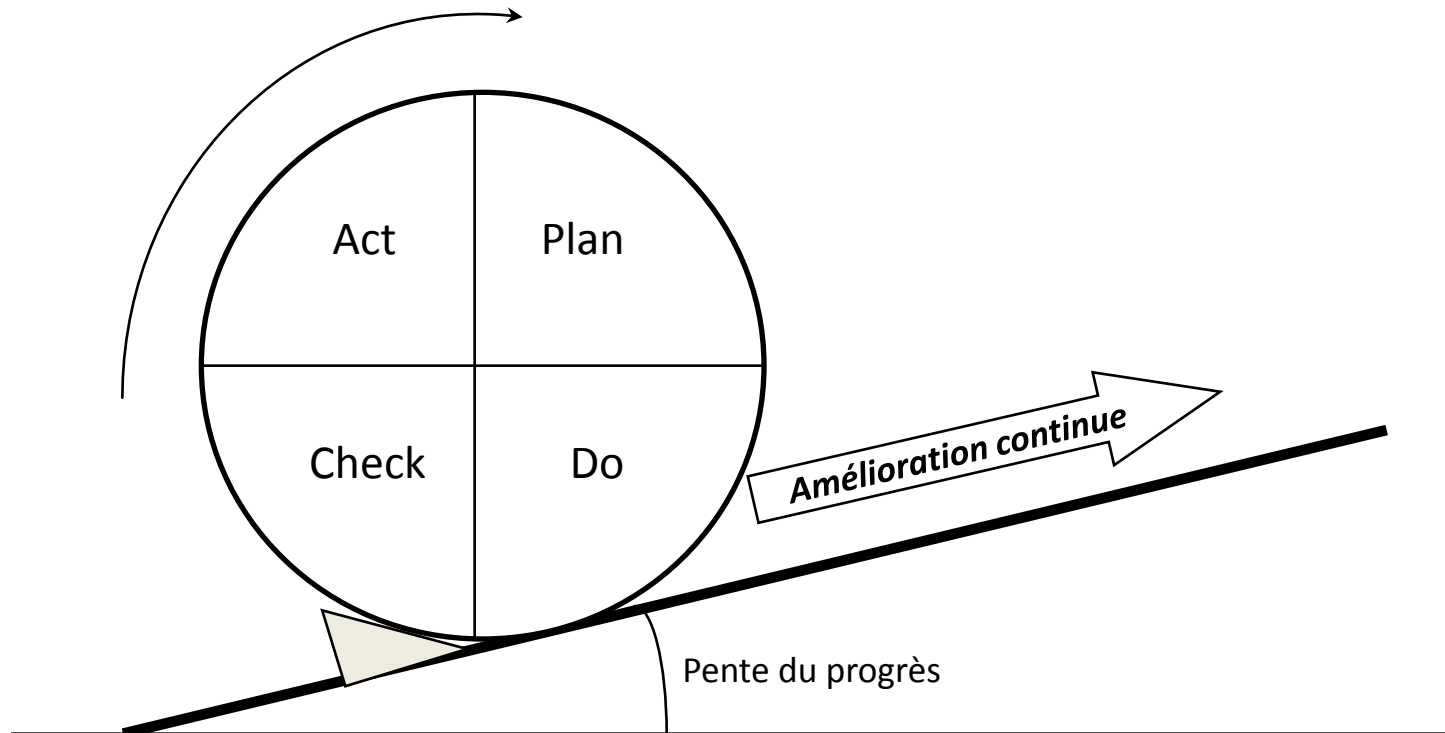


Fin

L'amélioration permanente dans l'entreprise

La roue de DEMING

William Edwards DEMING (1900-1993) est né dans l'Iowa. Chercheur en mathématiques et spécialisé en contrôle de la qualité, il fait de nombreuses conférences à la demande de la JUSE (Japanese Union of Scientists and Engineers). Il donne son nom au prix DEMING de la JUSE, prix Qualité.



faites-le bien du premier coup !

